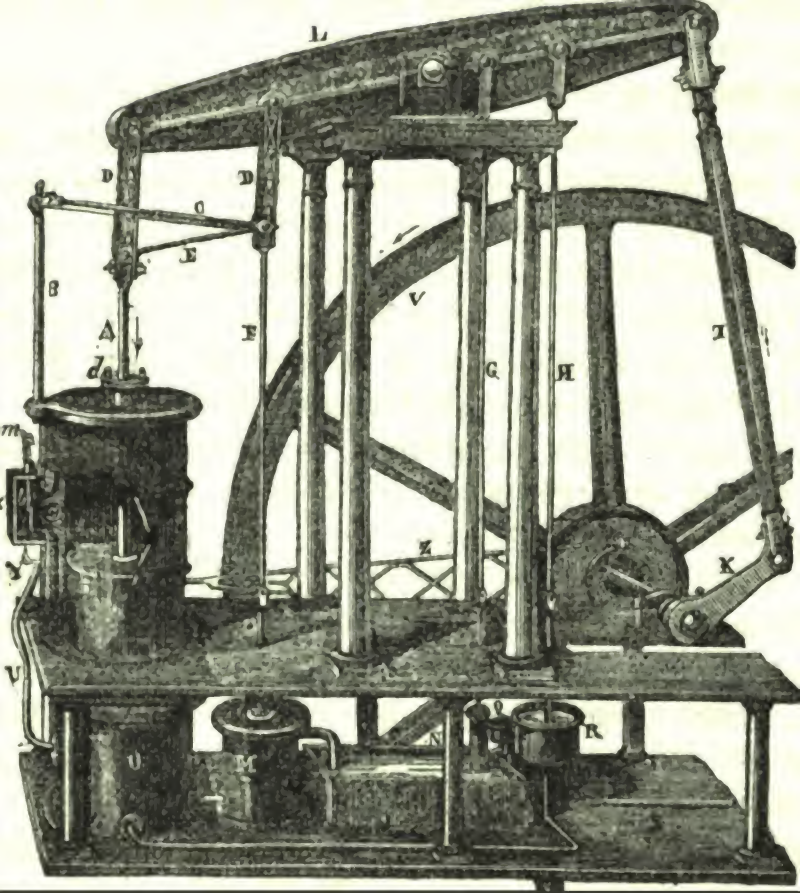
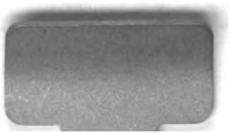


Naturkräfte und Naturgesetze

Carl Gottfried Wilhelm Vollmer

Phil. g. 533 1 - 3

Zimmermann



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Naturkräfte und Naturgesetze.

Populäres

Handbuch der Physik

zum Selbstunterricht

für

die Gebildeten jeden Standes.

Von

Dr. W. F. A. Zimmermann.

Dritter Band:

Die sogenannte allgemeine Physik. Technische Anwendung der Wärme und des Lichtes.

Bayerische Staatsbibliothek München

Berlin, 1857.
Verlag von Gustav Hempel.

Digitized by Google

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Digitized by Google

Inhalt.

Die sogenannte allgemeine Physik.

Seite

Eintheilung 3

Naturwissenschaften 3

Naturgeschichte, Chemie, Astronomie, Physik 3. Die Naturkörper 4. Der Erdkörper 5.

Allgemeine und besondere Physik 5. Experimentalphysik 6. Psychologie 7.

Aggregatzustand 7

Einfluß der Wärme und Kälte auf den Aggregatzustand 7. Darstellung flüssiger Kohlensäure 8. Darstellung fester Kohlensäure 10. Körper, deren Aggregatzustand sich nicht ändert. Benennungen solcher Körper 11. Vierter Aggregatzustand 12.

Besondere Eigenschaften der Aggregatformen 12

Allgemeine Eigenschaften der Körper 13

Ausdehnung 14

Ausmessung 14. Maße 15. Verschiedene Einheiten 16. Vortheile eines allgemeinen Maßes 17. Das französische Normalmaß 20.

Räumlichkeit 20

Undurchdringlichkeit 21

Beispiele 22. Erklärungen der Undurchdringlichkeit: Die Atomisten, die Dynamiker 24. Attractiv- und Expansivkraft 25.

Masse, Dichtigkeit 26

Ort im Raume 27

Bewegung — Ruhe 27. Ruhe ein idealer Begriff 28.

Compressibilität 28

Oersted's Compressionsinstrument 29. Seewasser aus großer Tiefe geschöpft 32. Perkin's Experiment 33.

Ausdehnbarkeit 34

Instrumente, die Ausdehnbarkeit zu beweisen: fester Körper 35, flüssiger Körper 35, gasförmiger Körper 36.

Porosität 36

Sichtbarmachung der Porosität 37. Porosität der Flüssigkeiten 38.

Theilbarkeit 39

Zertheilen durch Zerreiben 39, durch Walzen 40, durch Strecken 41,

Digitized by Google

Seite

durch Mischung 42. Grenzen der Theilbarkeit 43. Der Nonius 43. Messung von Längen 45. Messung der Dicke 45. Sphärometer 46.

Kräfte 47

Bedeutung des Wortes 47. Wirkung als Maß der Kraft 48. Die Kraft ist ein Produkt aus Masse und Geschwindigkeit 49.

Elasticität 49

Grenzen der Elasticität 50. Beispiele ungeheurer Elasticität 51. Magazinwagen 52. Dynamometer 53.

Härte 53

Adhäsion 54

Starke Adhäsion flüssiger Körper an festen 55. Adhäsion der Luft an Körpern. Technische Benutzung der Adhäsion 57. Bereitung der Spiegel 58. Große Gewalt der Adhäsion 59. Wasserhebemaschine 60.

Capillarität 61

Begriff 61. Fundamentalexperiment 62. Wirkungen der Capillarität 64. Aufrichtung des Obelisken auf dem Petersplatze in Rom 65.

Cohäsion 66

Begriff 66. Erklärungsversuche 67. Verhältniß der Cohäsion zur Temperatur 69. Cohäsion der Oberflächen flüssiger Körper 69. Tragkraft hohler Körper 70.

Festigkeit 72

Absolute Festigkeit 72. Rückwirkende Festigkeit 72. Relative Festigkeit 74.

Schwere 77

Barocentrische Kern 78. Ursache der Schwere 79. Anziehungskraft 81. Gravitation der Weltkörper gegen einander 83.

Der freie Fall 84

Galilei's Versuche 86. Gesetze des freien Falls 87. Atwoods Fallmaschine 88. Fall geschleuderter Körper 90.

Trägheit, Beharrungsvermögen 92

Die Wurfkraft 94

Allgemeine Gesetze der Wurfbewegung 94. Kernschuß, Bogenschuß 96. Die Parabel 97. Ballistik 97.

Centralkräfte 98

Bewegung der Weltkörper 98. Centripetalkraft - Centrifugalkraft 99. Centrifugaleisenbahn 100. Centrifugalmaschine 101. Wirkung der Centrifugalkraft 103.

Bewegung 105

Begriff 105. Scheinbare Bewegung 106.

Ursache der Bewegung 106

Kraft der lebenden Wesen 107. Mittheilung der Bewegung 108. Masse, Geschwindigkeit 109. Pferdekraft 110.

Verschiedenheit der Bewegungen 112

Absolute, eigene, einfache, gemeinschaftliche, gleichförmige Bewegung 112.

Gesetze für gleichförmige Geschwindigkeiten 113

Digitized by Google

Seite

Gleichförmige Beschleunigung 114
Zusammengesetzte Bewegung 115
Der Schwerpunkt 117
Unterstützung des Schwerpunktes 117
Schwerpunkt bei Wagen 118. Jongleurkünste 119. Wechsel des Schwerpunktes 121.
Gleichgewicht 121
Hebel 122
Hypomochlium 122. Die Schnellwage 122. Anwendung der Hebel 124. Der menschliche Arm 125. Zusammengesetzte Hebel 126. Die Robberwallsche Wage 127.
Die Rolle 128
Verschiedene Rollen 128. Zusammengesetzte Rollen (Flaschenzug) 129. Verschiedene Arten 130.
Das Rad an der Welle 132
Gangspille, Erdwinde 134.
Die schiefe Ebene 134
Anwendung der schiefen Ebene 135
Gesetze der schiefen Ebene 137
Reibung 138.
Der Keil 139
Beschreibung des Keils 139. Gesetze des Keils 140. Anwendung des Keils im gewöhnlichen Leben 140.
Die Schraube 141
Construktion der Schraube 141. Wirkliche — flache Schraube 142. Schraubenspindel — Schraubenmutter 142. Wirkung der Schraube 143. Anwendung der Schraube 143.
Das excentrische Rad 144
Beschreibung 144. Anwendung 145.
Gesetz der Potenzen 146
Verhältniß der Kraft zur Zeit 147. Das Bein und der Arm 148.
Hindernisse der Bewegung 148
Widerstand des Mittels . . . . . .
Beweise durch die Luftpumpe 149. Widerstand des Wassers 151. Schraubenschiffe 152. Widerstand der Luft 152. Vorschlag zu einer Dampfflugmaschine 154.
Reibung 155
Glätte der Körper 156. Unvollkommenheit der Gätte 157. Reibungscoefficient 157. Gesetze der Reibung 158. Zerstörung der Körper durch Reibung 158. Schmiermittel 159. Die rollende Bewegung 160. Frictionsrollen 161. Nutzen der Reibung 162.
Der Stoß 163
Der centrale — der excentrische Stoß. 163
Gesetze des Stoßes 164
Der Zusammenstoß elastischer Körper 166
Ungeheure Wirkung des Stoßes 168.

Digitized by Google

Seite

Von den flüssigen Körpern 169

Kugelgestalt der Flüssigkeiten 169

Die Wasserwaage 170

Die Libelle 171

Anwendung der Libelle beim Fernrohr 172.

Grade der Flüssigkeit 173

Druck der Flüssigkeiten 173

Das hydrostatische Paradoxon 175. Druck der Flüssigkeit auf die Seitenwände eines Gefäßes 176. Druck auf den Boden des Gefäßes 177. Der anatomische Heber 178. Die hydraulische Presse 178. Wirkung der hydraulischen Presse 181. Druck in der Tiefe des Meeres 182.

Tragekraft des Wassers 183

Die hydrostatische Waage 184. Bestimmung des specifischen Gewichtes 186. Nicholsons Aräometer 186. Saccharometer 187. Soolwaage, Lactometer, Alkoholometer 188. Das Tausendgranfläschchen 188. Anwendung desselben 189

Gleichgewicht der Flüssigkeiten 190

Gleicher Wasserstand in communicirenden Röhren 191. Stand verschiedener Flüssigkeiten in communicirenden Röhren 192. Prinzip der Quellen und Wasserleitungen 193. Sprunghöhe von Springbrunnen 194. Günstige Bedingungen für die Sprunghöhe 195. Der Geisir auf Island 196. Ungeheure Kraft des Wasserdruckes 197. Erdfälle 198. Oberschlächtige Wasserräder 198. Unterschlächtige Wasserräder 199.

Ausfluß von Flüssigkeiten aus Gefäßen 200

Die Vena contracta 200. Formen des senkrecht ausfließenden Strahles 201. Gestalt des Wasserstrahles 202. Savart's Versuche 202. Praktische Form der Ausflußöffnung 203. Eigenthümliche Eigenschaften des Wasserstrahles 204. Savart's Viscosität 204. Wirkung zweier Wasserstrahlen aufeinander 204. Fischschwanzbrenner 205. Segner's hydraulische Maschine 206. Die Turbine 206.

Heben von Flüssigkeiten 207

Die Baggermaschine 207. Paternosterwerke 207. Die archimedische Schraube 208.

Das Schwimmen 209

nager — flotter 209. Verschiedene Tragkraft verschiedener Flüssigkeiten 210. Bedingung des Schwimmens 210. Vortheile eiserner Schiffe 211. Berechnung der Tragefähigkeit schwimmender Körper 212. Richtige Unterstützung des Schwerpunktes beim Schwimmen 212. Gefahr bei Kriegsschiffen 213. Cimometer 215. Das Schwimmen des Menschen 215.

Von den gasförmigen Stoffen 216

Die Atmosphäre 217

Verdünnung der Luft durch Ausdehnung 218. Höhe der Atmosphäre 219. Der horror vacui 220.

Digitized by Google

Seite

Das Barometer 220
Torricelli's Versuch 220. Pascal 221. Otto von Guerike 222. Das Barometer als Wetterprophet 222. Werth des Barometers 223.

Der Luftdruck 224
Zusammendrückbarkeit und Ausdehnungsfähigkeit der Luft 225. Mariottes Versuche 226. Das Mariottesche Gesetz 227. Dämpfe 229. Beweis für die Materialität der Luft 230. Kraft der bewegten Luft 231.

Die Luftpumpe 232
Luftpumpe — Compressionspumpe 232. Beschreibung der Luftpumpe 233. Maaß der Entleerung durch das Barometer 234. Die Hahnluftpumpe 235.
Die Compressionspumpe 236. Beschreibung 236. Messung der Verdichtung 237.
Experimente mit der Luftpumpe 238. Das Manometer 239. Beweis des Luftdruckes 240. Die Magdeburgischen Halbkugeln 241.

Die atmosphärische Eisenbahn 243

Tägliche Benutzung des Luftdruckes 247
Der Heber 247. Das Döbbereiner'sche Gesetz 249. Die Wasserpumpe 249. Saugpumpen — Druckpumpen 251. Die Compressionspumpe 253. Anwendung derselben 254. Bewegung von Maschinen durch comprimirte Luft 257. Die Bolzenbüchse 258. Die Windbüchse 259. Gefahr derselben 260. Einrichtung der Windbüchse 261.

Der Luftball 263
Vorschläge von de Lana und Galien 263. Versuche von Black, Cavallo und Lichtenberg 264. Die Gebrüder Montgolfier 264. Professor Charles 265. Füllung des Ballons mit Wasserstoffgas 266. Pilatre de Rozier und der Marquis d'Arlandes 268. Charles und Robert 268. Graf Zambeccari 269. Füllung der Montgolfieren 270. Verunglückte Luftschiffer 271.

Der Fallschirm 272
Beschreibung 273. Befestigung 274.

Gebrauch der Luftballons 274
Zu militärischen Zwecken 275. Zu wissenschaftlichen Zwecken 276.

Eigenschaften der luftförmigen Körper 276
Durchdringlichkeit der Gase 277. Endosmose — Exosmose 278. Die Torricellische Leere 279. Wirkung des Dampfes auf die Atmosphäre 280.

Das Barometer 281
Bereitung des Gefäßbarometers 281. Einrichtung des Heberbarometers 282. Das Reisebarometer 284. Ursache des verschiedenen Luftdruckes 285. Das Heimweh 285. Warum man den Luftdruck nicht fühlt 286. Ungleicher Luftdruck in der Taucherglocke 288, beim Besteigen hoher Berge 289. Wirkung des Luftdruckes 289. Unmöglichkeit, in großen Höhen Wasser zu kochen 290. Wollaston's

Digitized by Google

Seite

Kochinstrument 291. Der Siedepunkt als Mittel Höhen zu messen 292. Das Barometer als Wetterglas 293. Barometerbeobachtungen 296. Aufzeichnung der Barometerbeobachtungen 299.

Messung der Feuchtigkeit der Luft 302

Haarhygrometer 303 Hygrometer von Le Roy und von Daniell 305.

Technische Anwendung der Wärme und des Lichts.

Gebläse 309

Blasebälge der Alten 309

Cylindergebläse 310

Doppelgebläse 310.

Wassertrommen 311

Das Centrifugalgebläse oder der Ventilator 312

Zweck der Gebläse 314

Gebläse mit warmer Luft 314

Zug 315

Prinzip der Lampen 315

Die Oefen 316

Unpraktische Oefen 317. Zugöfen 317. Eiserne Oefen 318. Etagenöfen von Eisen 320. Kamine 321. Russische Kachelöfen 323. Verschluß der Oefen 324.

Rauchverzehrer 327

Fetvconsume's 329

Luftheizung 330

Einrichtung von Luftheizungen 331

Erfindung der Luftheizung 332

Wasserheizung 333

Prinzip der Wasserheizung 333. Einfachster Apparat zur Wasserheizung 334.

Dampfheizung 337

Prinzip 338. Ofenheizung durch Dampf 339. Wärmeverlust bei Röhrenleitungen 341.

Feuerlöschmittel 342

Abschneiden des Luftzutritts 343

Löschung durch Wasser 344

Dampfapparate 345

Aelteste Idee der Dampfmaschine 346

Rückwirkende Kraft des Dampfes 346

Digitized by Google

Seite

Die Savery'sche Maschine 347
Cowley und Newcomen's Maschine 350
Beschreibung 350. Selbststeuerung 351. Watt's Verbesserungen 351.
Die doppelt wirkende Dampfmaschine 352
Vortheile derselben 353. Das Watt'sche Parallelogramm 355. Wirkung desselben 356. Beschreibung einer vollkommenen Dampfmaschine 357. Uebertragung der bewegenden Kraft auf den zu bewegenden Gegenstand 358. Selbststeuerung 359. Das Excentrik an der Dampfmaschine 359.
Hochdruckmaschinen 361
Der Kessel 361. Das Sicherheitsventil und seine Gefährlichkeit 362. Das Rose'sche Metallgemisch 363. Die amerikanischen Dampfschiffe 364. Manometer mit offenen Schenkeln 365. Luftdruckmanometer 366. Bourdons Manometer 368.
Dampfschiffe 369
Torricelli, Otto von Guerike, Papin 369. Papin, der Erfinder der Dampfschiffe 370. Einrichtung der Dampfmaschine für Schiffe 371. Hochdruckmaschinen mit Condensation 372.
Schraubenschiffe 373
Erste Erfindung durch Kufahl in Berlin 373. Wanderung der Erfindung nach Amerika 374. Vortheile der Schraubenschiffe 375. Beschreibung der Schraube 376. Beschreibung eines Schrauben-Dampfers 377.
Fischschwanz-Dampfschiffe 378
Der Dampfwagen 379
Eisenbahnen in Bergwerken 380. Die Dampfkutsche 380.
Die Locomotive 381
Der Röhrenkessel 382. Umwandlung der Bewegung 384. Steuerung 385. Abwehr 386.
Photographie 387
Das Chlorsilber 387
Wedgewood's erfolgloser Versuch 388
Die Daguerreotypie 389
Daguerre's Erfindung 389. Die Camera obscura 389. Vorputzen der Platte 390. Das Glänzen 391. Das Fertigputzen 392. Das Jodiren 393. Das Einstellen 394. Das Aufnehmen des Bildes 395. Das Hervorrufen des Bildes durch Quecksilberdämpfe 396. Das Waschen der Platte 396. Das Vergolden 397. Focus der chemischen Wirksamkeit 398.
Gefärbte Lichtbilder 399
Becquerel's Verfahren 399. Campbell's Verfahren 400.
Die Talbotypie 400
Die Bereitung der Jodkaliumlösung 401. Das Tränken des Papiers 401. Beschreibung des Expositionsrahmens 402. Das Einlegen des Papiers 403. Das Hervorrufen des Bildes 404. Das

Digitized by Google

Seite

Waschen 405. Das positive Bild 406. Das Copiren 407. Fixirung des Bildes 409

Nieperotypie 409

Das Collodium 410. Behandlung der Glastafel 411. Das Hervorrufen des Bildes 412. Das positive Bild 413. Fixirung des positiven Bildes 414. Vortheile der Nieperotypie 415.

Die Gasbeleuchtung 415

Bedingungen des Brennens 416

Trockene Destillation 417

Erste Gasleitung 418

Die städtische Gasbeleuchtungsanstalt in Berlin 419

Lage der Anstalt 420. Die Retorten 420. Die Erzeugung des Gases 421. Die Reinigung des Gases 422. Das Trocknen des Gases 424. Die Gasbehälter 425. Die Glocke des Gasbehälters 427. Das Balanciren des Gasbehälters 428. Das Füllen der Röhren 430. Das Einfrieren des Gases 431.

Gasometer 432

Die Trommel. Der Zählapparat 433. Die Fortleitung 435.

Gas als Heizmaterial 436

Elsner's Apparate 437. Heizung der Philippskirche 439. Des Domes in Berlin 440. Heizapparate für den Privatgebrauch 441.

Transportables Gas 442

Photometrie 443

Vergleichung der Lichtstärke 444

Rumfort's Apparat 445

Wheatstone's Apparat 446

Die Uhrenlampe 447

Die ſogenannte allgemeine Phyſik.

Digitized by Google

Digitized by Google

Eintheilung.

Der Gegenstand der Naturlehre ist die ganze Natur. Alles dasjenige, was im Weltraume existirt, dessen Werden, Entstehen, dessen Veränderungen, die Gesetze, denen Alles dieses unterliegt, bilden das Thema, über welches die Naturlehre sich verbreitet.

Die Naturwissenschaften überhaupt zerfallen in verschiedene Unterabtheilungen: so nennt man Naturgeschichte oder Naturbeschreibung denjenigen Theil, welcher die äußeren Kennzeichen und Merkmale derjenigen Dinge aufsucht, die auf der Erde vorkommen, sie nach leblosen, lebendigen aber unbeweglichen, lebenden und beweglichen, durch große Hauptabtheilungen (Mineralreich, Pflanzenreich, Thierreich) — in diesen durch Klassen und andere Unterabtheilungen von einander unterscheidet, ihnen Namen giebt und sie so zur näheren Kenntniß bringt.

Man nennt ferner Chemie denjenigen Theil der Naturwissenschaften, welcher sich damit beschäftigt, die verschiedenen Naturkörper — gleichviel ob Pflanze, Thier, Stein, Luftart oder sonst etwas — in ihre einzelnen Bestandtheile zu zerlegen oder andere und neue Körper aus einfachen Stoffen zusammenzusetzen.

Man nennt ferner Astronomie denjenigen Theil, welcher sich damit beschäftigt, die Gesetze zu erforschen, nach denen die Bewegungen der Naturkörper im größten Maßstabe — der Weltkörper — in ihren für die Ewigkeit vorgezeichneten Bahnen erfolgen.

Endlich heißt Physik oder Naturlehre im engeren Sinne derjenige Theil der Naturwissenschaften, dessen Aufgabe es ist, die Gesetze zu erforschen, nach denen der Zusammenhang, die Bewegung, die Anziehung, die Abstoßung, das Gleichgewicht u. s. w. der Körper erfolgen, ohne daß eine lebendige Willenskraft auf die Körper ausgeübt werde. Die Körper also, mit denen sich die Physik beschäftigt, sind nicht lebende, sondern todte

Digitized by Google

Körper, die Eigenschaften, welche sie untersucht, sind nicht von dem lebendigen Willen des Dinges, dem sie anhaften, abhängig, wie die verschiedenen Thätigkeiten, über welche der Geist des Menschen herrscht, sondern es sind Eigenschaften und Kräfte, welche von ewigen Gesetzen abhängig in der Natur vorhanden sind und von irgend einem Wunsche oder Wollen nicht verändert werden können.

Feld der Naturwissenschaften.

Alle Naturkörper zerfallen in drei Hauptabtheilungen: 1) in solche, welche man gewöhnlich leblose, besser anorganische nennt (leblose nämlich sind auch solche, welche einmal lebendig waren, nun aber todt sind; anorganische aber, wie die Mineralien, sind solche, welche ungegliedert niemals lebendig waren und es auch niemals werden können). 2) In solche, welche belebt, lebendig oder organisch genannt werden und welche von einer eigenthümlichen, ihnen inwohnenden Kraft, der Lebenskraft durchdrungen sind. Sie gehören zu dieser Klasse, auch wenn sie todt, auch wenn die Kräfte in ihnen nicht mehr thätig sind. Sie sind gegliedert (organisch), sie fordern unorganische Stoffe zu ihrem Bestehen, sie verändern ihre körperlichen Verhältnisse, sie wachsen, reifen, altern, pflanzen sich fort, vergehen, sterben ab und werden nach diesem Absterben durch eigene Naturkräfte mehr oder minder in ihre einzelnen Bestandtheile zerlegt, um dereinst wieder organischen Körpern als Nahrung zu dienen. Diese Klasse von Körpern wird von der Naturgeschichte noch in zwei verschiedene Unterabtheilungen gesondert, nämlich in Pflanzen und Thiere, wiewohl nach dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaften eigentlich mit Unrecht, indem die Natur keine so scharfen Grenzen zieht, wie der Systeme bauende Mensch, sondern Thiere wie Pflanzen unmerklich in einander übergehen läßt. 3) In solche, welche als großartige Organismen dem Weltraume angehörig, Weltkörper genannt werden. Hierher gehören die Fixsterne, die Sonne und die ihr unterworfenen, von ihr durch den Weltraum geführten Körper, Kometen, Planeten, Monde.

Diese fernen, mächtigen, isolirt dastehenden Körper sind unter allen unseren Sinnen nur dem Auge erreichbar, und das durch die vortrefflichsten optischen Instrumente geschärfte Auge sieht bei den allermeisten nichts weiter als das unbewaffnete Auge, nämlich einen glänzenden Punkt. Die Fernröhre haben nur die Zahl dieser Punkte vermehrt. Von viel größerer Wichtigkeit waren sie dagegen für die wenigen, in meßbaren Entfernungen liegenden Weltkörper, die Kometen, Planeten, Monde. Durch sie

Digitized by Google

haben wir die physische Beschaffenheit der Oberfläche dieser Weltkörper wenigstens in so weit kennen gelernt, als es erlaubt ist von der Oberfläche des Planeten, den wir bewohnen, auf die Oberfläche der anderen Planeten zu schließen.

Der Erdkörper.

Von größter Bedeutung unter diesen Weltkörpern ist für den Zweck der Naturkunde die Erde selbst, doch leider sind wir hier um so viel zu nahe, als wir zur genauen Kenntniß anderer Weltkörper zu fern sind, und wir haben von dem Monde ein viel deutlicheres, selenographisches Bild, als wir von der Erde ein geographisches besitzen. Karten vom Monde können mit viel größerer Sorgfalt, unendlich viel größerer Genauigkeit und geometrischer Schärfe gemacht werden, als von der Erde. Da sie jedoch der Träger und Ernährer der Stein-, der Thier- und der Pflanzenwelt ist, darf uns die Schwierigkeit ihres Studiums nicht davon abschrecken.

Ob es eine Zeit gegeben, in welcher noch keine Steine auf der Erde waren (wo sie ein Chaos aus den Urstoffen zu Allem darauf Befindlichen gewesen wäre), ist zwar muthmaßlich und wahrscheinlich, doch nicht gewiß und wird uns die Geologie wohl schwerlich hierüber genügende Aufschlüsse, d. h. unumstößliche Beweise geben; daß aber eine Zeit bestand, in welcher die Erde noch keine Pflanzen und keine Thiere trug, eine Zeit ferner, in welcher sie ganz andere Pflanzen und Thiere trug, als welche jetzt darauf leben, dies unterliegt keinem Zweifel mehr, darauf bezügliche Forschungen haben dies als unzweifelhaft dargethan.

In ihrem ganzen Complex muß für unsere Wissenschaft, für die Physik die Erde auch in so fern noch von größter Wichtigkeit sein und in Betracht gezogen werden, als die mächtigsten Wirkungen der Schwere, der allgemeinen Gravitation u. a. m. in ihr, für uns wenigstens, ihren Hauptsitz haben, und die damit verbundenen Erscheinungen auf sie zurückgeführt werden müssen.

Allgemeine und besondere Physik.

Haben wir vorher das Gebiet der Naturwissenschaften in einzelne Hauptrichtungen zerlegt, so müssen wir um des besseren Verständnisses willen auch noch die einzelne, uns unmittelbar angehende Lehre in verschiedene Zweige trennen. Zuerst in eine allgemeine und eine besondere Physik, wovon die erstere die allen Körpern gemeinschaftlichen Eigenschaften — Schwere, Elasticität, Undurchdringlichkeit, den verschiedenen Aggregatzu-

Digitized by Google

stand ꝛc., die andere aber die Eigenschaften der unwägbaren Stoffe, Elektricität, Magnetismus, Wärme und Licht (welche nicht in die allgemeine Physik gehören) — behandeln. Dann zerfällt die allgemeine Physik wiederum in die Lehre von den Eigenschaften der Körper und von den Gesetzen, nach denen die Kräfte wirken, von der Mechanik, von der Dynamik, von der Statik, der Hydrostatik, der Aerostatik u. s. w.

Eine jede dieser Lehren fordert, wenn sie in ihrer vollen Ausdehnung vorgetragen werden soll, eine bedeutend größere Räumlichkeit, als dieselbe dem Plane des vorliegenden Buches angemessen ist, jedoch hofft der Verfasser auch in diesem Werke einen Begriff, und zwar einen anschaulichen, Jedermann verständlichen Begriff von der Sache zu geben, so daß derjenige, der dieses Buch mit Aufmerksamkeit gelesen hat, sich Rechenschaft von jeder gesetzmäßigen Erscheinung in der Natur zu geben vermag. Mit dem wirklich allgemeinen Theil der Physik, mit der Elektricität, dem Magnetismus, der Wärme und dem Licht, welche allen Körpern gemeinsame Eigenschaften sind, haben wir uns in den beiden ersten Theilen dieses Buches beschäftigt.

Experimente.

Die Naturlehre, weil sie eine Wissenschaft ist, die auf dem Wege der Beobachtung und der Versuche gewonnen und begründet ist, heißt darum Experimentalphysik. Zur Demonstration der Gesetze derselben braucht man nun wieder Mittel, durch welche das Gesagte erläutert und bewiesen werden kann, Instrumente, mit Hülfe derer man Experimente macht. Derjenige Lehrer, welcher die Physik nicht mündlich, sondern schriftlich mittheilt, entbehrt leider dieser Mittel und muß sich mit dem schlechten Behelf erklärender Zeichnungen begnügen.

Aus solchen Erfahrungen und Beobachtungen werden die Gesetze abgeleitet, welche auf die einfachste Art durch die Zeichensprache der Mathematik mitgetheilt, in einem populären Werke aber ohne dieses sehr wichtige Hülfsmittel auf eine andere Art klar und faßlich gemacht werden müssen.

Wo es unmöglich ist, solche Gesetze in aller Schärfe nachzuweisen, da ist es erlaubt, Annahmen und Schlußfolgerungen zu machen, sich auf ähnliche, bereits erwiesene Erscheinungen zu stützen, Analogien aufzustellen und Hypothesen zu begründen, welche nicht selten der Wahrheit sehr nahe kommen, doch mitunter auch trotz aller Wahrscheinlichkeit und trotz der genauesten Uebereinstimmung mit den vorhandenen Sätzen wahre physikalische Romane sind, an denen wenig oder gar nichts Wahres ist, wie in Göthe's Farbenlehre.

Digitized by Google

Wir haben bekanntlich zweierlei Sinne, äußere und innere. Die inneren Sinne und das, was sie umfassen, bilden den Gegenstand der Seelenlehre oder Psychologie, nicht dasjenige, was wir uns zum Vorwurf gemacht haben. Wir wollen nur dasjenige betrachten, was durch die äußeren Sinne, Auge, Ohr ꝛc. wahrnehmbar ist. Gegenstände der äußeren Sinne aber sind beharrende, sind solche, welche nicht unwesentlich wie der Gedanke, das Phantasiegebilde, sondern wesentlich sind wie ein Stein, ein Baum, eine Flüssigkeit. Solche wesentliche Gegenstände, an denen wir die Erscheinungen, die sie darbieten, aufsuchen und in Gesetze bringen, bezeichnet man mit dem allgemeinen Namen der Körper oder dem noch allgemeineren der Materie.

Aggregatzustand.

Wer die Erscheinungen der Sinnenwelt nur mit einiger Aufmerksamkeit verfolgt, wird sehr bald wahrnehmen, daß die Materie überhaupt, aber in unzähligen Fällen auch eine und dieselbe Substanz sich in verschiedenen Formen zeigt. Nicht als ob aus einem Baume eine Kommode gemacht, aus einem Stücke Erz durch verschiedene Operationen ein Grabscheid oder ein Flintenlauf geschmiedet werden könne — diese verschiedenen Formen sind nicht Naturzustände, sondern Formen, in welche die Kunst den Körper gezwängt hat. Es sind hier diejenigen Zustände gemeint, welche der Gelehrte mit dem Namen Aggregatzustände belegt und welche die feste, die flüssige und die ausdehnsame oder luftförmige Beschaffenheit der Körper bedingen. Gewöhnlich sieht man, daß diese Aggregatzustände von demjenigen Grade der Wärme oder Kälte abhängig sind, in dem sich der Körper befindet. So wird ein Stück Eis, welches starr, hart, mit der Axt zu bearbeiten ist, flüssig durch Erwärmung, es wird zu Wasser und eben dieses Wasser, welches der darauf schlagenden Hand noch schmerzhaften Widerstand leistet, welches Kähne und Kriegsschiffe trägt, auf welchem Ruder- und Dampfschiffe nur durch den Widerstand, den es leistet, sich fortbewegen, wird durch fernere Erwärmung zu Dampf, welcher unsichtbar und unfühlbar ist, wiewohl er Kraft und Spannung genug hat, um die Maschinen für die erwähnten Dampfschiffe zu treiben, um Kessel und ganze Häuser in die Luft zu sprengen, um Kanonenkugeln in ungeheure Entfernungen zu senden. Umgekehrt wird durch Erkältung, d. h. Entziehung der Wärme, eben dieser gewaltige Dampf in zahmes, flüssiges Wasser und dieses Wasser durch fernere Entziehung der Wärme in starres Eis verwandelt.

Dies gelingt nicht etwa mit Wasser allein, es ist eine fast allgemein gültige Regel; Gold ist ein starrer, hämmerbarer Körper, durch Erhitzung

Digitized by Google

wird er flüssig und das flüssige Metall verdampft, so daß eine Silbermünze, über den Schmelztigel mit Gold gehalten, von einem gelben Anflug dauernd überzogen wird.

Umgekehrt giebt es verschiedene Gasarten, welche man lange Zeit für beständig gehalten hat, bis es Faraday gelungen ist, sie flüssig darzustellen, indem er in eine sehr dickwandige Glasröhre von der Form eines umgekehrten u (∩) einerseits Substanzen brachte, aus denen z. B. Kohlensäure in Menge entwickelt werden konnte, und in deren anderem leeren Schenkel die Kohlensäure sich verdichten ließ (welches allerdings durch die Kälte unterstützt werden muß).

Solche Röhre erträgt eine ungeheure Spannung, einen enormen Druck von innen nach außen, solch ein Druck ist aber auch nothwendig, um diejenige Luftart, welche wir Kohlensäure nennen, in eine Flüssigkeit zu verwandeln und den Beweis zu liefern, daß auch sie, die für permanent gehaltene Luftart, in mehrere Aggregatzustände übergehen könne, nicht bloß einen habe, wie man lange Zeit geglaubt hat; ja der neuesten Zeit ist es sogar gelungen, die Kohlensäure in großen Massen flüssig, und aus diesen großen flüssigen Massen auch feste Kohlensäure zu bilden, so daß nun nicht mehr bezweifelt werden kann, daß auch dieser Körper in allen drei Aggregatzuständen vorkommt.

Darstellung flüssiger Kohlensäure.

Da es nicht uninteressant ist, zu erfahren, welche Mühe sich der Mensch gegeben, um zu solchen Resultaten zu gelangen und sich selbst zu beweisen, daß es große, durchgreifende Regeln giebt, von denen die Natur keine Ausnahmen macht; möge hier das Verfahren Platz finden, welches man eingeschlagen hat, um flüssige und hieraus feste Kohlensäure zu bilden.

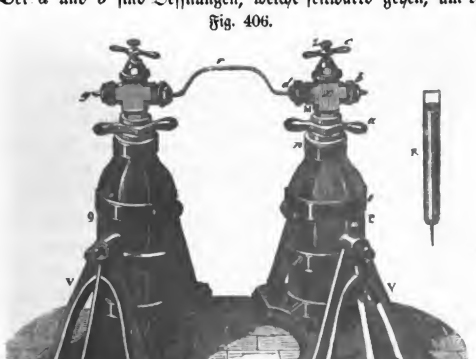
Wir sehen zwei eiserne Gefäße (Fig. 406, S. 9) von ganz gleicher Größe und gleicher Beschaffenheit auf dem gußeisernen Gestelle V und V, in starken Axen beweglich aufgehängt. Die Gefäße P und Q sind aus Gußeisen, cylindrisch, von mehr als Zolldicke und um sie gehörig stark zu machen, sind sie noch der Länge nach mit Schmiedeeisen beschlagen, wie die dunkeln Streifen zeigen, und diese Beschläge werden festgehalten durch drei Reifen, welche, in einem durch Erhitzung erweiterten Zustande aufgetrieben, nunmehr bei der Erkaltung die Längsstreifen mit einer ungeheuren Gewalt gegen die gußeisernen Cylinder drücken. Der Inhalt eines jeden derselben beträgt ungefähr fünf Quart.

Auf dem Halse jeder cylindrischen Flasche befindet sich ein Auffatz mit verschiedenen Bohrungen x, welcher durch die Schraube M auf die Flasche

Digitized by Google

gebracht und durch den Schlüssel *a* so fest wie möglich angezogen werden kann. Bei *d* und *b* sind Oeffnungen, welche seitwärts gehen, um den einen

Fig. 406.



dieser Cylinder mit dem andern verbinden zu können, z. B. durch die Röhre *r*. Ganz oben befinden sich tief eingreifende Stöpsel mit starken Schrauben und dazu gehörigen Schlüsseln, welche dazu dienen, diese Röhren und Communicationen abzusperren. Es geschieht durch Bleikugeln, welche in kugelförmigen Vertiefungen liegen und durch die Schrauben luftdicht angedrückt werden.

Soll nun Kohlensäure bereitet werden, so verfährt man folgendermaßen: nachdem von einem der Cylinder *P* der Aufsatz *x* abgenommen, bringt man 4 Pfund doppelt kohlensaures Natron, 2½ Quart Wasser von 39 Grad C. Wärme und 2 Pfund concentrirte Schwefelsäure hinein. Damit diese letztere jedoch nicht sofort die beabsichtigte Wirkung einleite und zwar so stürmisch, daß man ihrer vielleicht nicht mehr Herr würde, so ist die Säure in ein langes cylindrisches Gefäß von Kupfer gefüllt, welches neben der Hauptfigur unter *R* abgebildet ist. Dies Gefäß mit der Säure wird in den großen Cylinder *P* aufrecht hingestellt und nun wird das eiserne Gefäß geschlossen, alle Schrauben werden mit der größten Vorsicht angezogen.

Sobald dies geschehen, neigt man das Gefäß *P*, welches noch nicht durch die Röhre *r* mit *Q* verbunden ist, in seinen Axen auf die Seite, so daß die Schwefelsäure aus dem Kupfergefäße theilweise (nicht ganz) aus-

Digitized by Google

fließen kann, man stellt das Gefäß wieder aufrecht, neigt es aber nach kurzer Zeit wieder, und thut dies mehrere Male, bis man glaubt, daß nach und nach der Inhalt des Kupfercylinders ganz in das Wasser und auf das kohlensaure Natron geflossen sei.

Es wird hierdurch die Kohlensäure mit großer Gewalt von dem Natron vertrieben, welches sich mit der Schwefelsäure verbindet; die Kohlensäure ist theils luftförmig, hoch comprimirt, theils flüssig, mit dem Wasser verbunden, aber ganz von dem Natron getrennt in den Eisengefäßen vorhanden. Man stellt nun die Verbindung zwischen dem Gefäße P und dem Gefäße Q her, indem man die Röhre r einsetzt und die Verbindungswege durch x nach d, r und dem Gefäße Q öffnet. Alsbald strömt die gasförmige Kohlensäure über, bis in beiden Gefäßen die Spannung gleich hoch ist. Da sie aber überhaupt zu hoch ist, um die Luftform der Kohlensäure zu gestatten, so wird sie auch in dem zweiten Gefäße unter ihrem eignen Druck wieder flüssig.

Indem man diese Operation fünf bis sechs Mal wiederholt, gelingt es, 2 Quart und mehr flüssige Kohlensäure in das Gefäß Q zu treiben, über welcher dann noch eine Menge höchst comprimirter Kohlensäure luftförmig vorhanden ist, welche man auch noch flüssig machen könnte, wenn man eine genügende Menge atmosphärischer Luft durch eine Compressionspumpe hinein brächte.

Der Apparat Q hat eine Einrichtung, welche dem andern P abgeht. Durch den Aufsatz desselben geht nämlich von g aus eine kupferne Röhre bis ziemlich nahe an den Boden des Gefäßes. Wenn man nun die Schraube, welche g, d. h. die Oeffnung der gedachten Kupferröhre verschließt, löst, so tritt augenblicklich die flüssige Kohlensäure aus derselben an die freie Luft, indem sie durch die noch gasförmige, mächtig zusammengedrückte Säure daraus vertrieben wird.

Sobald die flüssige Säure aber an die Luft tritt, so hört die einzige Ursache ihrer Flüssigkeit auf, der Druck, unter dem sie sich befand, und alsbald verflüchtigt sich dieselbe. Aber hierbei wird eine solche Menge Wärme verzehrt, zur Verdampfungswärme verwendet, daß ein großer Theil der Flüssigkeit in den starren Aggregatzustand zurückkehrt. Ohnedies macht man diese Experimente bei so niedriger Temperatur wie möglich — 10 Grad und darunter — dabei ist von der fast körperlosen Luft wenig Wärme zu beziehen, es bleibt mithin nur die flüssige Säure, von der die Wärme zu haben ist und diese ist nur in geringer Menge vorhanden, so entsteht durch die Wechselwirkung der flüssigen auf die gasförmige einerseits Kohlensäuredampf, andererseits feste Kohlensäure, in feinen Nadeln flockig an einander

Digitized by Google

gereicht, krystallisirt. Ihre Temperatur beträgt ungefähr 80 Grad unter Null. Da sie flockig, wenig Berührungspunkte bietet, so fühlt sie sich keineswegs so äußerst kalt an, als man glauben sollte, bringt man jedoch auf solche, auf der Hand liegende Flocke von krystallisirter Kohlensäure einen Tropfen Aether, so berührt dieser mit der Säure in vielen Punkten die Haut und augenblicklich ist diese wie durch ein glühendes Eisen zerstört, desorganisirt und eine furchtbar schmerzende Brandblase ist die unausbleibliche Folge.

Ein Gemisch von fester Kohlensäure und Aether bringt das Vierfache ihres Gewichtes Quecksilber in wenigen Secunden zum Festwerden, zum Erstarren bis zur Hämmerbarkeit.

Scheinbare Ausnahmen.

Allein nicht alle Körper verändern auf solche Weise ihren Aggregatzustand, wenn es auch gelungen ist, durch Zusammendrückung und durch Erkältung zugleich verschiedene Luftarten in Flüssigkeiten zu verwandeln, so war es bisher doch ganz unmöglich, dasselbe mit der gewöhnlichen Luft oder ihren Bestandtheilen Stickstoff und Sauerstoff zu bewerkstelligen. Auch sie wie viele andere lassen sich im tropfbaren Zustande wie im festen nachweisen, nehmen also verschiedene Aggregatzustände an; dieses aber scheint nicht mehr rein eine Folge der Vermehrung oder der Entziehung der Wärme zu sein, sondern Grund in einer chemischen Verwandtschaft zu haben. Eben so wenig ist es gelungen, Holz und vieles Andere, welches starr oder fest ist, in flüssigen Zustand zu versetzen. Bevor dies geschieht, erreicht die erhöhte Temperatur einen Grad, welcher genügt, den ihr unterworfenen Körper gänzlich zu zerstören.

Allein dies beweist nicht die Unmöglichkeit, sondern nur die Unzulänglichkeit unserer Mittel. Diamant ist ja auch Kohle, da sie krystallisirt ist, muß sie einmal im flüssigen Zustande gewesen sein, wir können nur vielleicht nicht die Hitze und den Druck hervorbringen, welcher zum Schmelzen der Kohle nöthig.

Der gewöhnliche Ausdruck für das Verwandeln des Aggregatzustandes vom festen Körper aus nach den höheren Stufen heißt schmelzen und verdunsten oder verdampfen. Solche Körper, deren Aggregatzustand nicht durch Wärme verändert werden kann, heißen unschmelzbare, wie die Kohle und reine Erden. Sind sie auch überhaupt im Feuer nicht veränderlich, so heißen sie feuerbeständige Körper. Luftarten (Gase, Gasarten), welche nicht durch Erkältung zu flüssigen Körpern gemacht werden können, heißen per-

Digitized by Google

manente. Für Flüssigkeiten, welche nicht erstarren, hat man keinen besonderen Namen, vielleicht weil es nur wenige oder gar keine solche giebt. Der reine, ganz wasserfreie Alkohol erstarrt nicht bei allen Graden von Kälte, denen man ihn auszusetzen im Stande war; das will freilich nicht viel sagen, denn unsere Kunst reicht allerhöchstens bis auf 80 Grade unter dem Gefrierpunkt. Natürlich kommt solche Kälte, so weit wir die Erde und ihre Umgebungen kennen, nirgends vor; aber ob es nicht noch einmal möglich wird, die Kälte bis auf 100 und mehr Grade zu steigern, und ob dann nicht auch der absolute Weingeist zum Gefrieren gebracht werden wird, muß der Zukunft anheim gestellt werden. Eben so ob es nicht noch mehr Aggregatzustände giebt, ob nicht vielleicht die Dampf- und Luftarten so verwandelt werden können, daß sie in einen den Weltraum erfüllenden Aether übergehen, oder nach der anderen Seite die festen Körper so verdichtet werden können, daß sie mehrere der allen Körpern überhaupt gemeinsamen Eigenschaften verlieren. Vielleicht sind Elektricität, Wärme, Licht, Körper in solchem erhöhten, vierten Aggregatzustande.

Eigenschaften der Aggregatformen.

Jede der verschiedenen Aggregatformen hat ihre besonderen Eigenschaften. Die festen Körper sind spröde oder elastisch, weich, geschmeidig, biegsam, haben eine oder mehrere dieser Eigenschaften oder alle in sehr verschiedenen Graden und jede dieser Eigenschaften unterliegt wieder besonderen Gesetzen. Alle diese Körper haben entweder schon eine bestimmte Form (Figur, Gestalt) oder sie nehmen dieselbe durch äußere Eindrücke, durch Hämmern, Feilen, Hobeln, Drechseln an, und behalten dieselbe so lange, bis andere äußere Eindrücke sie verändern.

Die flüssigen Körper nennt man von einer besonderen, ihnen allen eigenthümlichen Eigenschaft auch tropfbare Körper. Sie nehmen, wenn sie sich selbst überlassen sind, völlig frei, ohne irgend eine Einschränkung, diejenige Kugelgestalt an, welche man Tropfen nennt. Es giebt keinen flüssigen Körper, er heiße nun Wasser, Oel, geschmolzenes Eisen oder wie es irgend sei, der, aus dem Gefäß, in welchem er enthalten, ausgegossen und sich selbst überlassen, sich fallend nicht zur Kugel rundete. Außer dieser hat der flüssige Körper keine Gestalt, er nimmt jederzeit diejenige an, welche das Gefäß, worin er sich befindet, ihm vorschreibt, und wo dies aufhört, tritt diejenige ebene Fläche ein, welche man wagerechte oder Wasserfläche nennt, die aber weiter ausgedehnt sich gleichfalls als keineswegs eben, sondern

Digitized by Google

kugelförmig gleich dem Tropfen zeigt, was wir zwar im Bierglase nicht, jedoch sehr wohl im Weltmeere wahrnehmen.

Bei diesen beiden Aggregatzuständen ist die Neigung, einen unbeschränkten Raum einzunehmen, nicht sichtbar, durch diese Neigung eben unterscheiden sich die Körper des dritten Aggregatzustandes von denen der beiden vorhergehenden, sie sind ausdehnsam flüssig. Sie haben keine beständige Gestalt wie die festen Körper, sie haben keine Tropfgestalt wie die flüssigen, sie nehmen lediglich diejenige Gestalt an, welche ihnen das Gefäß, worin sie enthalten sind, vorschreibt, sie bilden in einem solchen auch keine horizontale Oberfläche wie das Wasser in einem Glase, sondern sie füllen es ganz aus wie die Luft eine offene Flasche, und sie haben das lebhafte Bestreben, einen immer weiteren Raum einzunehmen, wenn sie nicht durch einen mechanischen Druck daran verhindert werden. Daß die Luft nicht aus einer offenen Flasche herausgeht, kommt nur daher, daß dieselbe in einem anderen großen lufterfüllten Raume, nämlich in der Atmosphäre steht. Würde diese plötzlich fortgeschafft, so würde die Luft aus der Flasche eben so plötzlich entschwinden und sich in dem ganzen Raum, den früher die Atmosphäre eingenommen, vertheilen.

Einem dieser drei Aggregatzustände gehört nun jeder auf der Erde befindliche Körper an, und was sich nicht in diese drei Rubriken zwingen läßt, wird gewöhnlich gar nicht Körper genannt und auch nicht in der allgemeinen Physik betrachtet, welche sich nur mit den Eigenschaften der Körper befaßt. Es gehört in die sogenannte besondere Physik und ist als Elektricität, Magnetismus, Wärme und Licht bereits betrachtet worden.

Von den allgemeinen Eigenschaften.

Die verschiedenen Körper wirken verschieden und wechselseitig auf einander und auf unsere Sinnesorgane, das, wodurch sie wirken, sind ihre Eigenschaften, sind die verschiedenen Kräfte, welche recht eigentlich der Gegenstand der Physik genannt werden können.

Zur Erkennung dieser Eigenschaften und Kräfte brauchen wir alle unsere Sinne. Die meisten Körper werden durch das Gesicht und das Gefühl (Getast) erkannt, viele aber entziehen sich diesen beiden Sinnen wie einzelne Gasarten, sie erkennen wir nicht selten durch den Geruch. Einander äußerlich sehr ähnliche Körper, z. B. Salze, können wir durch den Geschmack von einander unterscheiden, wiewohl dieser Sinn, da er etwas Zersetzendes hat, am stärksten in die Chemie einschlägt, einzelne Eigenschaften der Körper lassen sich nur durch das Gehör wahrnehmen, der Schall, der Klang.

Digitized by Google

Diejenigen Kräfte, welche nicht von anderen abgeleitet werden können, heißen Grundkräfte, andere heißen, in Beziehung auf diese, abgeleitete Kräfte. Der ersten, Grund- oder Urkräfte, sind zwei, Ausdehnung und Undurchdringlichkeit. Sie werden nicht durch irgend eine andere Eigenschaft bedingt oder hervorgebracht, sondern sind eben selbst Bedingungen des Vorhandenseins der Körper.

Ausdehnung.

Die Ausdehnung ist diejenige Eigenschaft, vermöge deren jeder Körper einen gewissen Raum einnimmt (daher man sie auch Räumlichkeit nennen könnte). Sie zeigt uns jeden Körper als etwas Aeußeres, im Raume Erscheinendes, durch sie erhalten wir eine Vorstellung von der Größe, dem Rauminhalt, körperlichen Inhalt, Volumen eines jeden Körpers, durch diese Ausdehnung allein ist der Körper meßbar, denn was keine Ausdehnung hat, ist unendlich klein und darum eben so gut unmeßbar, wie etwas unendlich Großes.

Um einen Körper nach seiner Ausdehnung zu messen, muß man ihn in Gedanken nach drei verschiedenen Richtungen, welche auf einander senkrecht stehen, durchschneiden. Es ist zwar ganz gleichgültig, welche Lage die erste dieser Richtungen einnimmt, wenn die anderen nur senkrecht darauf sind, doch bedient man sich gewöhnlich der Ebene, welche stehendes Wasser bildet, als der Grundlage zu den Messungen und nennt eine in dieser Ebene liegende Linie, welche den Körper durchschneidet, seine Länge, eine andere in derselben Ebene liegende, jedoch auf der ersten senkrecht gezogene Linie seine Breite und eine dritte, welche wiederum auf diesen beiden senkrecht steht, seine Höhe. Hiermit ist Alles gesagt, was man über die Ausdehnungsverhältnisse eines Körpers von regelmäßiger Gestalt sagen kann. Ist die Gestalt unregelmäßig, so bleibt nichts anderes übrig, als die Messungen an so vielen Stellen zu wiederholen, als nöthig erscheint zur möglichst genauesten Bestimmung der Form.

Ausmessung.

Der Inhalt eines Körpers kann nur durch etwas gemessen werden, was gleichartigen Inhalt hat, die Fläche kann nur durch eine Fläche, die bloße Linie nur durch eine Linie gemessen werden, keineswegs aber kann man eine Fläche durch einen Körper oder eine Linie durch eine Fläche messen. Die messenden Dinge müssen den zu messenden Dingen ähnlich sein. Da man

Digitized by Google

nun Gegenstände hat, welche bloß lang sind wie die Linien oder welche lang und auch breit sind wie die Flächen, welche zur Länge und Breite auch noch eine Dicke oder Höhe haben wie die Körper, so hat man auch Längenmaße, Flächenmaße und Körpermaße. Man bedient sich, um sie zu construiren, einfacher mathematischer Operationen. Ein Längenmaß ist eine Addition einer gewissen Menge kleiner Theile, welche gesetzlich in jedem Lande nach Qualität und Quantität bestimmt wird. Wir rechnen in Deutschland nach Linie, Zoll, Fuß, Klafter, Ruthe und Meile, andere Nationen haben andere Maße, wie die Italiener Palmen, die Franzosen Metres. Eine addirte Summe von 12 kleinen Theilen, die wir Linien nennen, giebt einen Zoll, eine Länge von 12 addirten, in einer Richtung hinter einander gelegten Zollen giebt einen Fuß, 6 solcher Fuß bilden einen Klafter, 2 solcher Klafter eine Ruthe, 2000 Ruthen eine Meile, hiermit werden alle beliebigen Längen gemessen.

Eine Fläche hat eine gewisse Länge und eine gewisse Breite. Um sie zu messen, bedient man sich eines Maßstabes, der gleichfalls eine Fläche ist. Nimmt man eine Länge von 12 Zollen, setzt man an das eine Ende dieser Länge nochmals 12 Zoll, jedoch in senkrechter Richtung auf die erste Linie gezogen, so erhält man, falls man das auf diese Weise angedeutete Quadrat schließt, eine Fläche, welche so viele Zoll in sich enthält, als 12 mit 12 multiplicirt giebt, nämlich 144. Eine solche Fläche von 144 Flächenzollen nennt man einen Quadratfuß, auf gleiche Weise bildet man aus Linien den Quadratzoll, aus Fußen die Quadratklafter und Quadratruthe und aus Quadratruthen die Quadratmeile. Diese ist das größte Flächenmaß, was wir haben, so wie die Quadratlinie das kleinste ist. Sie reichen zur Ausmessung aller irdischen Flächen vollkommen aus.

Auf gleiche Weise bildet man sich zur Ausmessung körperlichen Inhalts ein körperliches Maß. Eine beliebige Quadratfläche, welche als Flächenmaß anerkannt ist, also der Quadratfuß, die Quadratmeile wird als Basis des neuen Maßes angenommen. Auf der horizontal liegenden Fläche wird vertical die Höhe eines Fußes, einer Meile errichtet, und so das ganze Quadrat von vier senkrechten Wänden entweder wirklich umschlossen, wie dies bei dem Quadratfuß, Quadratzoll möglich ist, oder nur in Gedanken, denn es würde diese Umschließung mit vier meilenhohen Wänden so unausführbar, als sie bei einer etwaigen Ausführung unbrauchbar wäre. Das so gewonnene wird Hohlmaß, Körpermaß, Kubikmaß genannt, und die näher bezeichnenden Maße heißen Kubikzoll, Kubikklafter, Kubikmeile ꝛc. Mit diesen Maßen reicht man für alle irdischen Größen gleichfalls vollkommen aus.

Digitized by Google

Verhältnißmäßige Maßstäbe.

Für außerirdische Gegenstände reicht dies allerdings nicht zu, wenigstens wird der Gebrauch so großer Zahlen, wie sie dann angewendet werden müßten, sehr unbequem und man setzt deshalb als Einheit drei sehr verschiedene Maße fest. Für die Erde, den Mond, die Sonne nimmt man den Erdhalbmesser als Gemäß an, der Mond ist von der Erde entfernt 60 Halbmesser der Erde, die Sonne hat einen Radius von beinahe 113 Erdhalbmessern.

Handelt es sich um viel größere Weiten, so nimmt man den Halbmesser der Erdbahn als Einheit, für die Entfernung eines Sternes von der Erde sagt man statt 140,010,000,000,000 Meilen lieber 7½ Million Erdfernen, was sich bequemer schreiben, leichter fassen und leichter behalten läßt als obige Zahl, für noch größere Entfernungen aber nimmt man gar eine Fixsternweite als Einheit und sagt: jener Nebelstern ist 500, ist 1000 Fixsternweiten von uns. Bei einzelnen Sternen pflegt man wohl auch die Geschwindigkeit des Lichtes als Maßstab zu nehmen. Es ist bekannt, daß das Licht 40,000 Meilen in einer Secunde durchläuft, wenn man nun weiß, daß das Licht von einem Sterne zu uns (d. h. zu dem Sonnensystem, welchem wir angehören, ob zu diesem oder jenem Planeten, macht in den fernsten Grenzen kaum vier Stunden Unterschied) drei Jahre, sechs Jahre, fünfzig Jahre braucht, so hat man ein bequemes Bild und zwar ein solches, woran sich höchst interessante Betrachtungen knüpfen lassen, wie z. B. die von der Allwissenheit Gottes, welche sich hierdurch physikalisch beweisen läßt.

Die Allgegenwart Gottes — des Gottes, der nicht im All thront, sondern in welchem das All enthalten ist, als ein Theil seiner — versetzt ihn nicht da und dort hin, sondern giebt ihm ein unbedingtes Vorhandensein überall, aber nicht zu allen Zeiten, weil die Zeit verläuft und nichts gestern und heute zugleich sein kann, sondern nach einander.

Das Licht vermittelt die fernsten Zeiten mit einander. Sieht das Auge Gottes, welches allerdings mehr raumdurchdringende Kraft hat, als der beste Fraunhofer'sche Refractor, von einem Punkte, der im Wege des Lichtes 3500 Jahre von uns entfernt ist, nach der Erde, so überschaut es die Sündfluth, befindet es sich auf einem Sterne, von welchem das Licht 2100 Jahre braucht, so sieht es die Züge Alexanders des Großen, auf einem Sterne mit 70 Jahren Lichtweg überschaut es die französische Revolution, da sein Auge aber nicht bald da, bald dort ist, sondern überall und zugleich, so überschaut es das ganze Weltall mit allen seinen Fernen und mit allen seinen Zeiten.

Digitized by Google

Der Gedanke, vor einigen Jahren in einer höchst geistreichen Schrift (der Name des Verfassers ist mir nicht gegenwärtig) auf eine anschauliche Weise entwickelt, hat die tiefste physikalische Wahrheit für sich.

Die verschiedenen Einheiten für die verschiedenen Größen sind durchaus nothwendig, haben wir z. B. nur die Einheit Linie oder Zoll, so würden wir schon die nächsten Entfernungen unserer Städte kaum mehr ausdrücken können, Nürnberg wäre von Ansbach 11,280,000 Linien oder doch 1,440,000 Zoll entfernt — welch eine Unbequemlichkeit läge in solcher Bezeichnung. Auch mit dem Gelde hat Aehnliches statt; größere Einheiten sind für den Geschäftsverkehr viel angenehmer und bequemer, kleine Einheiten für den täglichen Bedarf; der Engländer, mit den Schätzen Indiens beladen, rechnet viel lieber mit seinen Pfunden, weil er über ungeheure Summen verfügt, das Vermögen eines reichen Mannes klingt ganz hübsch, er ist ein Millionair — d. h. er hat eine Million Gulden — pah! sagt der Engländer, darum kehre ich nicht die Hand um, das macht ja nicht einmal 25,000 Pfund (23,761, das Pfund zu 7 Thaler und den polnischen Gulden zu ¼ Thaler).

Man erzählt, Rothschild habe das große Loos mit 100,000 Gulden in der Frankfurter Lotterie gewonnen, dies beträgt etwa 60,000 Thaler, der Commis des Collecteurs überbringt selbst die Nachricht und erwartet ein tüchtiges Geschenk — gut, sagt Rothschild und giebt ihm einen Gulden Trinkgeld.

Der Verfasser kann dies wohl begreifen; die Leute sagen: pfui, wie schmutzig! Nicht doch, 60,000 Thaler machen auf Rothschild, der über 30 Millionen commandirt, gar keinen Eindruck, sie flößen ihm gar keinen Respect ein, sein Vermögen schwankt unaufhörlich um viel mehr als dies, der Cours macht ihn heute um 200,000 Thaler ärmer, derselbe Cours morgen um 300,000 Thaler reicher; was uns zu reichen Männern oder dessen Verlust einen wohlhabenden Mann zum Bettler machen würde, macht auf ihn, d. h. auf seinen Reichthum, nicht den geringsten Eindruck, und so wenig wie er dem Boten ein Trinkgeld giebt, welcher ihm den Courszettel bringt, bei dessen Erscheinen mit ¼ % mehr als gestern von irgend einem Papier sein Vermögen um 100,000 Thaler gestiegen ist, so wenig hält er sich dem Ueberbringer jener fröhlichen Botschaft für verpflichtet; daß er ihm sogar noch einen Gulden gab, beweist, daß der Mann generös ist.

Allgemeines Maß.

Sehr bedauerlich ist es, daß diese scheinbar einfachen Maße ganz zahllosen Abwechselungen unterliegen. Die Fuße aller verschiedenen Länder

Digitized by Google

weichen von einander ab. Die Eintheilung derselben ist eben so verschieden, man theilt den Fuß bald in zehn, bald in zwölf Zoll, den Zoll bald in sechstel, bald in achtel Zoll, bald in zehn Linien, bald in zwölf Linien. Man führt das sogenannte Decimalsystem ein, aber der eine Staat betrachtet den Fuß, der andere die Ruthe, der dritte die Klafter als Einheit, und so entstehen zahllose Verwirrungen in den Begriffen und die größten Unbequemlichkeiten für den Gelehrten so gut wie für den Laien, welcher, selbst wenn die Landsmannschaft des Maßes angegeben ist, selbst durch oftmals sehr schwierige Reductionen nicht immer zu einem genügend scharfen Resultate gelangt. In manchen Fällen finden die wunderbarsten Begriffsverwirrungen statt, selbst bei Leuten, von denen man es gar nicht für möglich halten sollte. Die Engländer in ihrem alles vernichtenden Hochmuth haben gar keinen Begriff, daß es irgend wo anders sein könne als sie, die Herrscher der Erde, es festgesetzt haben; handelt es sich um Fuße, so versteht sich, daß es englische Fuße sind, handelt es sich um Meilen, so können dies nur englische Meilen sein, sind Thermometergrade, sind Barometerstände zu vergleichen, so ist natürlich das englische Maß das allein gültige.

Wenn nun ein Engländer (obschon sein reiches Land mit Aufbietung aller seiner Kräfte kaum 20,000 Mann in's Feld stellen kann, und dies nur durch Werbung in aller Herren Ländern) von Preußen hört, es habe 6000 Quadratmeilen und es sei 200 Meilen lang in seiner größten Ausdehnung, so zuckt er die Achseln über das Miniaturkönigreich, welches noch nicht so groß ist wie die Grafschaft York, denn er rechnet nach englischen Meilen und es gehen ungefähr 24 derselben auf eine deutsche Quadratmeile; nach solcher Rechnung hat Preußen 250 und York 270 Quadratmeilen; wüßte er, daß es Meilen giebt, welche beinahe fünfmal so lang sind als die seinen, so würde er sich nicht über die schauderhafte Langsamkeit auf unseren Eisenbahnen beklagen, da hat er zu 40 Meilen 6 Stunden gebraucht — bei ihm fährt man in derselben Zeit 200 Meilen. Seine 200 Meilen sind nun allerdings gerade so lang als die 40 preußischen Meilen, allein dies weiß er nicht; er wundert sich auch sehr, wenn er in seinen Zeitungen liest, unser Sommer habe uns sehr heiße Tage gebracht, die Temperatur sei mehrmals auf 30 Grad gestiegen; nun, meint er, da lobe ich mir Alt-England, da haben wir im Sommer doch 75 Grad, wie mag es nur kommen, daß dort Getreide reift, mit welchem die Preußen uns so reichlich versehen.

Wir könnten eher so fragen, wie kommt es, daß in England bei 75 Graden Getreide reift, denn diese Fahrenheit'schen Grade entsprechen ungefähr 18 Grad der Réaumur'schen Scala, dies ist die mittlere

Digitized by Google

Temperatur unserer Sommermonate, wäre es die extreme, so würde der Weizen nicht reifen. Die englischen Naturforscher sind auch höchst erstaunt über unseren niedrigen Barometerstand, der im Mittel 28 Zoll beträgt, indeß der ihrige 30 Zoll hat; da aber ihr Fuß um einen Zoll kürzer ist, eilf unserer Zolle zwölf der ihrigen entsprechen, so erklärt sich dieser niedere Barometerstand so viel leichter, als durch die Annahme eines geringeren Luftdruckes, vermöge dessen bei uns das Meer um ein paar tausend Fuß höher stehen müßte als bei ihnen.

Findet solche Unbequemlichkeit schon statt bei Maßen lebender Völker, wie viel mehr muß dies nicht der Fall sein bei solchen längst entschwundener, wie der alten Römer, Griechen, Egypter, Perser u. s. w. Es wäre aber von höchster Wichtigkeit, ihre Stadien, Parasangen, ihre Hand- und Armlängen zu kennen, denn sie haben uns wissenschaftliche Nachrichten mannigfaltiger Art hinterlassen, geographische Messungen und vieles Andere, was nunmehr Alles werthlos ist, da es nicht mit den Maßen jetziger Zeit verglichen, nicht geprüft, verificirt werden kann.

Es bürgt uns aber Niemand dafür, daß es uns nicht gehe, wie jenen alten Völkern, daß es nicht einst Ruinen von Paris, Berlin, Wien gebe, wie es jetzt deren von Ninive, Rom oder Memphis giebt, und der Forscher wandelt vielleicht nach 2000 Jahren kopfschüttelnd auf diesen Ruinen umher nach einem Stückchen Eisen oder Messing suchend, das ihm einen Begriff von dem verlorenen Berliner oder Wiener Fuß gebe.

Versuche ein solches Maß zu finden.

Ist es nun auch nicht ganz wahrscheinlich, daß noch jetzt Städte und Völker so spurlos untergehen, wie vor 1000 Jahren, so ist doch jedenfalls eine Einheit der Maße über die ganze Erde und ein Mittel, dieselbe, wenn sie verloren sein sollte, aus der Natur der Sache wiederherzustellen, sehr wünschenswerth und als solches schon längst anerkannt.

Die größten Gelehrten haben mannigfaltige Vorschläge zur Herstellung eines solchen Maßes gemacht, die meisten derselben waren nicht ausführbar, weil das vorgeschlagene Maß kein über die ganze Erde unveränderlich gleich bleibendes war. Hieran laborirt auch der beste der gemachten Vorschläge, der von Huyghens herrührende, den Secundenpendel, zur Einheit zu nehmen. Wäre die Erde eine vollkommene Kugel, so würde diese Länge vollkommen den Anforderungen, die man an ein Normalmaß macht, entsprechen. Da sie jedoch eine ganz unregelmäßige Gestalt hat, die Pendelschwingung aber von der Entfernung des Pendels vom Mittelpunkte der Schwere abhängig

Digitized by Google

ist, so variirt die Pendellänge zwischen den Polen und dem Aequator um mehr als einen halben Zoll, was den Erfordernissen eines Normalmaßes durchaus zuwider ist.

Ob es jemals gelingen wird, ein vollkommen genaues, allgemein gültiges Normalmaß aufzufinden, muß dahin gestellt bleiben, ein provisorisches, welches den Bedingungen möglichst nahe kommt, zu geben, gelang jedoch den französischen Gelehrten im Laufe der französischen Revolution. Sie nahmen denjenigen Quadranten des Erdumfanges, welcher vom Pole zum Aequator gezogen durch Paris läuft, zum Fundament ihrer Maßbestimmung an. Mehrere Grade dieses Quadranten wurden auf das Genaueste gemessen und nun der zehnmillionste Theil dieses ganzen Quadranten unter dem Namen mètre als Einheit festgesetzt.

Derselbe entspricht beiläufig 3 ¼ Pariser Fuß. An dieses Grundmaß legten die Gelehrten nunmehr den Theilzirkel; ein Zehntel hieß Decimetre, ein Hundertstel Centimetre, ein Tausendstel Millimetre. Wurden für die Verkleinerungen in Zehn die französischen Namen gebraucht, so bedurfte man für die Vermehrungen in Zehn anderer Namen und wählte dazu die griechischen. Zehn Metres heißen ein Decametre, hundert Metres nennt man ein Hectometre und tausend Metres heißen ein Kilometre. Hieraus, wenn man einmal das Längenmaß hat, läßt sich sehr leicht das Flächen- und Hohlmaß ableiten und heißen die Quadratmaße are, die Kubikmaße aber stère, wobei nun wie bei dem Längenmaß für Verkleinerungen die französischen, für Vergrößerungen die griechischen Decimalnamen gewählt werden, Deciare, Centiare, Decastere ꝛc. Ihre Hohlmaße zum Messen von Flüssigkeiten werden Litres genannt. Das Gewicht, welches als Einheit angewandt wird, heißt Gramme und ist gleich dem Gewichte destillirten Wassers, welches einen Kubus vom hundertsten Theile eines Metre füllt, es hat diese Einheit 13 ¼ Gran Apothekergewicht.

Bei der außerordentlichen Nachahmungssucht der Deutschen, welche über alles Neue mit Begierde herfällt, besonders wenn es aus Frankreich kommt, ist sehr zu verwundern, daß diese höchst nützliche Anordnung der Maße und Gewichte, welche besonders in ihrer Eintheilung und Vervielfältigung so bequem ist, daß sie die Rechnung beinahe überflüssig macht, nicht längst von den Deutschen angenommen ist.

Räumlichkeit.

Wenn mit diesem bequemen oder irgend einem anderen unbequemen Maße die Ausdehnung irgend eines Körpers gemessen worden ist, so kann

Digitized by Google

man sich einen Begriff von seiner Räumlichkeit, seiner Größe, seiner Figur machen. Wegen dieser Figur, Räumlichkeit ꝛc. wirkt der Körper auf unsere Sinne. Hätte der Körper nichts Räumliches, so könnte er auf wirksames Sein im Raume nicht Ansprüche machen, er würde alsdann auch nicht Körper heißen. Die Vorstellung räumlicher Ausdehnung und Wirksamkeit ist daher von der Vorstellung eines Körpers unzertrennbar, und eine jede sichtbare Substanz muß eine Figur haben. Man kann wohl, wenn man von einer Materie im Allgemeinen spricht, von ihrer Figur abstrahiren, man sagt Glas, Holz, Eisen, ohne an die Figur zu denken, jedes einzelne Stück Glas, Holz oder Eisen, hat aber Figur, eben weil es Ausdehnung hat — die erste und allgemeinste Eigenschaft aller Materie, denn selbst das Sonnenstäubchen und das Infusionsthierchen hat Gestalt, der Staub auf den Flügeln der Schmetterlinge so gut wie der Staub unter unseren Sohlen, wenngleich ein Mikroskop dazu gehört, um die Form zu erkennen.

Nicht die Ausdehnung allein stellt den Begriff Körper fest, denn auch der sogenannte mathematische Körper, ein bloßes Gedankending hat Ausdehnung. Aber er hat keine Wirkung im Raume. Man kann sich sehr wohl einen Kubikfuß in Gedanken vorstellen, man kann sich vorstellen, daß in demselben ein Cylinder befindlich ist, welcher gleichfalls einen Fuß Höhe und einen Fuß Durchmesser hat, Niemand hindert uns, in diesen Raum auch noch eine Pyramide zu bringen, deren Basis ein Quadratfuß und deren Höhe ein Fuß ist. Diese mathematischen Körper, diese Gedankendinge haben sehr bequem Platz bei einander und in demselben Raum. Mit einem wirklichen Körper geht dieses nicht an, und wollen wir einen eisernen Cylinder in einen gläsernen Würfel bringen, so muß der letztere hohl sein, dieses will sagen, wirkliche Körper können nicht mehrere in dem nämlichen Raume sein, wo der eine Körper hingebracht wird, muß der andere weichen, und wenn derselbe Widerstand leistet, so kann der erste Körper nicht dahin gebracht werden.

Undurchdringlichkeit.

Diese Eigenschaft der Materie nennt man die Undurchdringlichkeit, sie ist eben so wie die Ausdehnung allen wirklichen Körpern gemeinschaftlich und es giebt durchaus nicht zwei Körper, welche einander durchdringen könnten. Es ist schwierig, diesen Begriff gehörig zu entwickeln, denn im gewöhnlichen Leben wird man leicht erwiedern, der Schneider könnte nicht Röcke machen, wenn die Nadel nicht das Tuch durchdringe, der Tischler könnte nicht zwei Bretter zusammennageln, wenn der eiserne Nagel nicht das hölzerne Brett durchdringe. Hier liegt jedoch ein ganz anderer Begriff vor,

Digitized by Google

der Nagel bringt zwar durch das Holz, aber er durchdringt nicht das Holz, denn wo er sich befindet, befindet sich nicht zu gleicher Zeit Holz und wo der Zwirnsfaden in der Naht des Tuchrockes sitzt, da ist nicht zu gleicher Zeit Wolle, dieses müßte aber sein, wenn Holz oder Tuch von einer anderen Materie durchdrungen worden wären.

Die mechanische Undurchdringlichkeit der Materie ist, wenn man nur diese Begriffe festhalten will, leicht genug anschaulich zu machen; schwerer schon ist dies mit den Körpern, welche die Chemie bildet. Man kann auf 3 Kubikzoll Zucker ganz bequem 1 Kubikzoll Wasser gießen, ohne daß man deshalb 4 Kubikzoll Materie hätte, und man könnte scheinbar mit Recht sagen, hier habe die Flüssigkeit die trockene Substanz durchdrungen und es befinde sich innerhalb der vorhergedachten 3 Kubikzoll fester Substanz noch ein vierter, es befinde sich Wasser und Zucker in dem nämlichen Raum; dem ist jedoch keineswegs so, der Zucker hat eine große Menge kleiner Zwischenräume, in diese ist das Wasser eingedrungen und seine Theile befinden sich in den leeren Räumen, in denen der Zucker nicht ist.

Noch weiter gehend, können wir finden, daß ein Kubikzoll von zwei verschiedenen Flüssigkeiten (die sich jedoch mit einander mischen, wie z. B. Weingeist und Schwefelsäure nicht von einander gesondert bleiben wie Wasser und Oel) zusammengethan und ihrer gegenseitigen Wirkung überlassen, nicht die Summe von zwei Kubikzoll, sondern weniger bilden. Man könnte hier auf den Gedanken kommen, daß die beiden verschiedenen Substanzen sich wirklich durchdrungen hätten. Das ist jedoch auch in diesem, besonders den Anschein habenden Falle nicht so. Es haben nämlich alle Körper verschiedene Dichtigkeit, so auch die Schwefelsäure und der Weingeist, jede Substanz eine gewisse. Durch die Mischung dieser beiden Substanzen entsteht ein dritter Körper, welcher wieder seine besondere Dichtigkeit hat, größer als der Weingeist, geringer als das Wasser, dieser Dichtigkeit entspricht nun der räumliche Umfang des Gemisches, ohne daß von einer gegenseitigen Durchdringung der beiden Substanzen die Rede wäre. Die beiden Körper bestehen nicht mehr neben einander, ruhen nicht in einander, sondern bilden einen ganz besonderen neuen Körper.

Beispiele von Undurchdringlichkeit.

Man pflegt gewöhnlich Beispiele von Undurchdringlichkeit der Materie anzuführen, dergleichen lassen sich zahllose aufstellen. Wenn man ein leeres Bierglas mit der Oeffnung nach unten in Wasser taucht, so wird man wahrnehmen, daß Luft und Wasser gesondert bleiben und daß, wie schwach

Digitized by Google

der Widerstand der Luft auch sei, derselbe das Wasser doch hindere, in das Glas zu dringen. Hätte man den Raum dazu, so könnte man das umgekehrte Bierglas 32 Fuß tief unter Wasser senken, bevor die elastische Luft bis auf die Hälfte ihres Raumes zusammengedrückt wäre.

Dieser Beobachtung dankt man die schöne Erfindung der Taucherglocke, sie besteht aus einem großen Gefäße von starkem Blech, welches an seinem unteren Rande besonders beschwert, sonst aber daselbst offen ist, dies wird aus einem dazu eingerichteten Schiffe oder Prahm in das Wasser des Flusses oder der See hinabgelassen und dient dazu, um in seinem hohlen Raume mehrere Menschen entweder mit feinen Instrumenten zu wissenschaftlichen Beobachtungen oder mit anderen Instrumenten zu technischen Zwecken versehen, zu beherbergen. Wenn die Taucherglocke sich in das Wasser senkt, so steigt von unten herauf Wasser in die Glocke, jedoch wie tief man dieselbe auch senken möge, niemals wird sie vom Wasser ganz angefüllt werden, man ist solchergestalt im Stande, bis auf gewisse Tiefen den Meeresboden zu untersuchen, beinahe trockenen Fußes zu betreten.

Ein anderes Beispiel von Undurchdringlichkeit giebt eine mit Wasser gefüllte Röhre, in welche man einen Stempel zu treiben sucht (am einfachsten wählt man hierzu eine kleine gut construirte Spritze). Schließt der Stempel gut und hat man sonst jede Oeffnung verschlossen, so wird man ganz vergeblich versuchen, den Stempel in die Röhre, in das Wasser zu treiben.

Wenn man in eine Flasche mit weiter Mündung einen Kork steckt, der zwei kleine Oeffnungen hat, in deren eine man einen Trichter mit langer Röhre bringt, die bis auf den Boden des Gefäßes reicht, in die andere Oeffnung aber eine Röhre einsetzt, welche in Form eines S gebogen ist, so läßt sich auch hieran die Undurchdringlichkeit der Materie sehr leicht demonstriren. Hält man die Oeffnung der krummgebogenen Röhre zu, und gießt man zu gleicher Zeit Wasser in den Trichter, so wird nur im ersten Augenblicke davon in die Flasche dringen; sobald dasselbe aber das untere Ende der Trichterröhre berührt, hört jeder fernere Zufluß auf, eben auch weil die Luft dem Eindringen des Wassers Widerstand leistet; nimmt man den Verschluß der krummgebogenen Röhre hinweg, so dringt augenblicklich das Wasser ein. Wenn man die krumme Röhre in ein mit Wasser gefülltes Gefäß münden läßt, so sieht man beim Einfüllen des Wassers für jeden Tropfen, der in die Flasche kommt, ein Luftbläschen aus der Röhre steigen, so daß also eben so viel Luft entweicht als Wasser eindringt, Luft und Wasser aber sich nicht in dem nämlichen Raume befinden.

Digitized by Google

Urſache der Undurchdringlichkeit.

Was die Urſache dieſer Undurchdringlichkeit ſei, iſt ſchwer zu entſcheiden, die Anſichten darüber ſind ſehr verſchieden. Am beſten thut, wer ſich an die Thatſache allein hält und es ſpäteren Geſchlechtern überläßt, vielleicht nach tauſendjährigen Forſchungen — ſo wie ſchon mehrere tauſend Jahre über vergeblichen Forſchungen vergangen ſind — den rechten und eigentlichen Grund der Erſcheinungen zu ermitteln, wer jedoch jetzt eine Erklärung haben will, möge zwiſchen zwei verſchiedenen Anſichten, an welche ſich alle übrigen mehr oder minder anſchließen, wählen.

Nach der einen Anſicht, der der ſogenannten Atomiſten, beſtehen alle Körper aus einer großen Menge unendlich kleiner Theile; dieſe kleinen Theile heißen Atome. Sie ſind nicht ferner zerlegbar, trennbar, ſie ſind daher auch unter dem beſten Mikroſkop nicht mehr ſichtbar, beſitzen aber dennoch Geſtalt und zwar ſehr verſchiedene, haben die allgemeinen Eigenſchaften der Körper im vollkommenſten Grade, ſind daher abſolut hart, unzuſammendrückbar, und ſind der letzte Grund der Undurchdringlichkeit der Materie. Die Verſchiedenheit dieſer letzteren rührt nur von der verſchiedenen Form der kleinſten Theilchen, der Atome her, ſie ſelbſt ſind immer eins und dasſelbe, allein ihre verſchiedene Form und Zuſammenſetzung bringt die Verſchiedenheit der Subſtanzen hervor. René Des Cartes (Carteſius), derjenige, welcher dieſe Anſicht, die ſchon dem früheſten Alterthume angehört, am weiteſten ausgeſponnen hat, ſagt z. B.: eine Säure habe Atome von der Form der Roßkaſtanie, daher ihre ätzende, freſſende Wirkung, würde ſie durch ein Alkali neutraliſirt, ſo ſpießten ſich auf die Stacheln der Atome andere Atome von der Form kleiner Kügelchen, dieſe drängen nicht in andere Körper ein, die Säure iſt abgeſtumpft, ſie iſt zu einem milden Salze geworden.

Auf dieſe Weiſe läßt ſich ſehr leicht Alles erklären, was man irgend erklärt haben will. Die Undurchdringlichkeit der Materie, welche erklärt werden ſoll, wird als in den Atomen bereits vorhanden vorausgeſetzt, die Atome ſelbſt laſſen ſich nirgends nachweiſen, das Ganze iſt rein hypothetiſch.

Attractiv- und Expanſivkraft.

Eine andere Erklärung geben die Dynamiker, ſie ſetzen nicht Materie, ſie ſetzen Kräfte voraus, eine derſelben hat den Namen Expanſivkraft, die andere heißt Attractivkraft. Beide Kräfte wirken im vollkommen entgegen-

Digitized by Google

gesetzten Sinne, beide Kräfte sind in jedem Körper wirksam, die Expansivkraft strebt, den Körper in's Unendliche auszudehnen, die Attractivkraft dagegen, ihn eben so in's Unendliche in sich selbst zusammenzuzwängen, eine Kraft kann ohne die andere durchaus nicht bestehen, unter dem Einfluß der ersteren würden alle Körper sich in dem unendlichen Raum vertheilen und auflösen, unter dem Einfluß der letzteren würden alle Körper in ein unendlich Kleines, in das Nichts zusammensinken. In der Natur halten sich diese Kräfte überall das Gleichgewicht, und dadurch sind und bestehen die Körper, sie sind ein Product dieser Kräfte und alle Verschiedenheit der zahllosen Körper der Erde, alle Verschiedenheit überhaupt hängt von den verschiedenen Verhältnissen ab, in denen diese Kräfte in dem Körper wirksam sind. Ist die Expansivkraft vorwaltend, so wird der Körper leicht und locker sein wie Wasser, Oel und Luft — am meisten vorwaltend würde sie erscheinen in der Luftart, die wir Wasserstoffgas nennen und die in ihrer größten Reinheit nur 0,07, d. h. sieben Hundertel der atmosphärischen Luft wiegt. Ist die Attractivkraft vorwaltend, so werden die Körper, in denen sie wirkt, schwerer und dichter sein, man wird Steine, Metalle haben. Derjenige Körper, welcher die Attractivkraft am stärksten zeigte, wäre das geschmiedete Iridium, welches 23 Mal schwerer ist als Wasser.

Diese beiden Kräfte sind es, welche die verschiedenen Eigenschaften der Körper veranlassen, so z. B. rührt die Undurchdringlichkeit davon her, daß die Expansionskraft dem eindringenden Körper Widerstand leistet. Wird ein Körper z. B. durch Hämmern, Drücken, Prägen in einen kleineren Raum zusammengepreßt, so wirkt die in ihm wohnende Expansionskraft nunmehr in dem kleineren Raume stärker als vorhin in dem größeren. Ein ferneres Zusammendrücken wird also schwerer und immer schwerer, bis es zuletzt ganz unmöglich wird, da die Expansionskraft ihre höchste Stufe im Widerstandleisten erreicht hat, deswegen wird es unmöglich, die Körper ganz zusammendrücken, ihren Raum auf Null zu reduciren, d. h. es wird unmöglich, die Materie zu durchdringen.

Wenn wir selbst zugestehen wollten, daß hierdurch die Undurchdringlichkeit der Materie wirklich erklärt wäre, so ist es doch unmöglich, die verschiedenen Eigenschaften aller verschiedenen, auf der Erde existirenden Substanzen daraus abzuleiten und wer dies wollte, würde in eine eben solche Spielerei mit Kräften verfallen, wie die Spielerei des Atomisten es mit den kleinsten Theilchen ist. Auch dies ist nichts als eine Hypothese, die Akten sind noch nicht reif zum Spruche, wir kommen darauf zurück, daß es am gerathensten sei, die Facta zu nehmen, wie sie vorliegen, ohne jedes Ding erklären zu wollen, was nun einmal nicht immer möglich ist.

Digitized by Google

Masse, Dichtigkeit.

Die Menge der Materie, welche in einem Körper befindlich ist, wird seine Masse genannt. Es giebt eine große Menge von Verschiedenheiten dieser Raum erfüllenden Masse, der größere oder geringere Grad von solcher, einen gewissen Raum ausfüllenden Masse wird die Dichtigkeit des Körpers genannt.

Jeder Körper hat seine eigene Dichtigkeit, aber auch jeder Körper hat verschiedene Dichtigkeiten, sie sind von äußeren Umständen, von Druck, von Temperatur abhängig.

Ein Körper ist um so dichter, je größer seine Massenmenge bei einem gewissen Volumen ist. Eisen ist darum viel dichter als irgend ein Stein, denn es hat in dem Raume eines Kubikzolles beträchtlich mehr Masse als irgend ein Stein in demselben Raume (d. h. in einem Kubikzoll). Eben so ist ein Körper um so viel dichter, je geringer der Raum ist, den er bei einer bestimmten Quantität von Masse einnimmt, so ist Silber dichter als Eisen und Gold dichter als Silber, weil das erstere bei gleich viel Masse mit dem Eisen einen kleineren Raum einnimmt als das Eisen, so wie das Gold bei gleich viel Masse wie das Silber einen beträchtlich geringeren Raum einnimmt als das Silber. Nimmt eine große Menge Silber einen Kubikzoll ein, so nimmt dieselbe Masse Platina nur die Hälfte eines Kubikzolles ein.

Diese Umstände geben uns ein sehr bequemes Mittel zur Vergleichung der verschiedenen Dichtigkeit der Körper. Ein ganz allgemein gültiges Gesetz lehrt uns: daß zwei Körper sich bei gleichem Raumesinhalte hinsichtlich ihrer Dichtigkeit verhalten wie ihre Massen und daß hingegen die Dichtigkeiten zweier verschiedener Körper von gleichen Massen sich umgekehrt verhalten wie ihre räumlichen Größen.

Es ist hier zwar nicht der Ort, dieses weiter zu verhandeln (die nähere Ausführung verbleibt dem Kapitel von dem specifischen Gewichte), doch wollen wir zur besseren Verständigung noch als Beispiel hinzufügen, daß die Dichtigkeiten eines Kubikzolles Eisen und eines Kubikzolles Wasser sich verhalten wie 7,8 zu 1, daß also Eisen 7⅘ Mal dichter sei als Wasser, das will sagen, die Dichtigkeiten verhalten sich wie die Massen, denn in einem Kubikzoll Eisen ist 7⅘ Mal so viel Masse als in einem Kubikzoll Wasser. Dagegen verhält sich die Dichtigkeit des Eisens zum Wasser bei gleicher Masse umgekehrt wie das Volumen. Ein Stück Eisen

Digitized by Google

von gerade so viel Masse wie ein gesetztes Stück Wasser wird nur ungefähr den achten Theil des Volumens vom Wasser einnehmen, es wird also ein halber Zoll im Kubus, d. h. der achte Theil eines Kubikzolles Eisen so viel Masse enthalten als ein ganzer Kubikzoll Wasser.

Ort im Raume. Bewegung.

Jeder Körper befindet sich an irgend einem Orte im Raume, diese Stelle heißt der Ort des Körpers. Näher bezeichnen kann man solche Stelle entweder dadurch, daß man dieselbe mit den Orten anderer Körper vergleicht, dann heißt diese Stelle der relative Ort des Körpers. Läßt man jedoch jede Bezeichnung weg, so hat man den absoluten Ort im Raume. Dieses Letztere kann niemals der Grund einer Erforschung sein, denn so wenig wir den absoluten Raum kennen, eben so wenig können wir über den absoluten Ort eines Körpers im absoluten Raume Untersuchungen anstellen. Wo irgend ein Körper ist, da ist er für uns nur in Beziehung auf andere Dinge. Der Ofen in Beziehung auf die Stube, diese in Beziehung auf das Haus ꝛc., die Erde in Beziehung auf die Sonne; und selbst die Sonne ist nicht als an einem absoluten Orte zu betrachten, sie ist für uns nicht anders als in Beziehung auf die Gestirne vorhanden, an denen sie vorübergeht, unter denen sie selbst ein Gestirn ist.

So lange ein Körper seinen Platz nicht verändert, ruht er, sobald er den Ort, an welchem er sich in Ruhe befand, verläßt, bewegt er sich. Ruhe und Bewegung sind absolut oder relativ, je nachdem sie auf den absoluten oder relativen Ort eines Körpers bezogen werden. Daß wir bei allen irdischen Dingen nur von der relativen Bewegung sprechen können, versteht sich nach dem über den Ort Gesagten von selbst.

Die Definition des Begriffes Bewegung erscheint dem Philosophen so schwer, wie sie uns im gewöhnlichen Leben leicht und geläufig ist. Sie erscheint uns lediglich als eine Veränderung der äußerlichen Verhältnisse zu einem gegebenen Raume. Wenn wir einen Ort verlassen, um nach einem anderen uns zu begeben, so verändern wir unsere äußeren Verhältnisse zu dem Raume, in dem wir uns befinden, wir nähern uns dem einen Orte, indessen wir uns von dem anderen entfernen.

Allen Körpern gemein ist die Eigenschaft, bewegt zu werden, es giebt keinen Körper, welcher unbeweglich wäre und Archimedes, welcher noch nicht wußte, daß die Erde sich dreht und um die Sonne läuft, konnte doch mit Recht sagen: gieb mir einen festen Punkt außer der Erde, so will ich sie aus ihrer Stelle heben. Da diese Eigenschaft der Materie überhaupt zu-

Digitized by Google

kommt, so kann man sie selbst, die Materie, das Bewegliche im Raume nennen im Gegensatz von Kraft, welche das Bewegende im Raume ist.

Es giebt überhaupt nichts im ganzen Weltraume, das in Ruhe wäre. Wir wissen, daß die Erde sich um ihre Axe dreht, jedes der Erde angehörige Ding macht also an der Erde binnen 24 Stunden einen Kreis von größerem oder kleinerem Radius und es bliebe also nur die Erdaxe als ruhend übrig. Diese Linie aber läuft mit der ganzen übrigen Erde in einem Jahre um die Sonne. Die Sonne selbst aber steht auch nicht ruhig, sie dreht sich binnen 25 Tagen um sich selbst, und die Axe der Sonne endlich bleibt eben so wenig in Ruhe, denn falls wir auch nicht wüßten, daß sie mit dem ganzen ihr zugehörigen Planetensysteme im Weltraume fortwandelt, so wüßten wir doch, daß ihre Axe vermöge der Annäherung der Planeten an sie bedeutende Schwankungen erleidet.

Wir haben Recht, von der Sonne und ihren Planeten auf die mächtigen Centralkörper und die ihnen angehörenden Weltkörper zu schließen, und so ist bei scheinbarer Ruhe überall die gewaltigste Bewegung und wohl nur durch diese das Bestehen in dem vorhandenen Status möglich, denn — um auch nur mit einer Andeutung in das Weitere vorgreifend das eben Gesagte zu belegen — es würden z. B., falls sie plötzlich zum Aufgeben ihrer Bahnbewegung gebracht, alle Planeten und ihre Trabanten sammt allen Kometen und übrigen, dem Sonnensystem angehörenden Körpern, wir mögen sie nun kennen oder nicht, sofort zur Sonne eilen, in diese stürzen und mit ihr zusammen ein ungeheures Chaos bilden.

Compressibilität.

Die vorbenannten Haupteigenschaften der Körper lassen noch eine Menge anderer Eigenschaften neben sich bestehen.

Zusammendrückbarkeit (Compressibilität) ist diejenige Eigenschaft, vermöge deren die Körper im Stande sind, einen kleineren Raum einzunehmen als derjenige ist, den sie gewöhnlich haben. Diese Eigenschaft kommt besonders denjenigen Körpern zu, welche man Luftarten, Gasarten, ausdehnsame Flüssigkeiten nennt und sie wird bei diesen auch am häufigsten, mitunter zu technischen Zwecken in Anwendung gebracht. So benutzt man die Zusammendrückbarkeit der Luft zum Compressionsfeuerzeuge, zum schnellen Filtriren, zur Windbüchse ꝛc., so benutzt man die Zusammendrückbarkeit des Dampfes zum Betrieb mächtiger mechanischer Werke (Locomotiven, Dampfschiffe), allein auch starre Körper sind zusammendrückbar, wie Leder, Kork, Holz, doch nicht bloß diese, sondern selbst die Metalle lassen sich zusammen-

Digitized by Google

drücken; durch Anwendung größerer oder geringerer Gewalt sieht man nicht bloß Blei und Zinn, Gold und Silber, sondern Eisen und Stahl prägen. Krystallisirten Körpern, Steinen, kommt diese Eigenschaft am wenigsten zu, allein auch bei ihnen läßt sie sich nachweisen, nicht sowohl dadurch, daß man nach Zoll und Linie den Raum meßbar machte, welchen unter einem gewissen Drucke sie weniger einnehmen als früher, als dadurch, daß ein Lichtstrahl, welcher die durchsichtigen — Glas, Bergkrystall, Diamant ꝛc. — durchstreicht, Eigenschaften annimmt, welche er früher, wo er durch den nicht zusammengedrückten Stein ging, nicht zeigte. Diese Versuche gehören zwar zu den feinsten der sogenannten besonderen Physik, sind aber dennoch vollkommen entscheidend.

Den Flüssigkeiten hat man lange Zeit die Zusammendrückbarkeit abgestritten, der neueren Zeit war es vorbehalten, auch hierfür den vollkommensten Beweis zu liefern. Professor Oersted hat ein Instrument erfunden, welches diesem Zwecke sehr gut entspricht. In einem starken gläsernen Cylinder befindet sich ein mit Wasser gefülltes Thermometer mit großem Gefäße. Die Röhre dieses Gefäßes ist nur zur Hälfte mit Wasser gefüllt, so daß die obere Hälfte Luft enthalten kann. Der Glascylinder ist mit einem starken, messingnen Deckel verschlossen, durch die Mitte desselben bewegt sich eine gut passende Schraube. Wenn der Glascylinder zu sammt dem darinstehenden Thermometer mit Wasser gefüllt ist, man den Deckel schließt und nunmehr die Schraube hineintreibt, so nimmt man bei aufmerksamer Beobachtung eines offenen Wasserthermometers, welches in dem Glascylinder steckt (durch eine Scala, die an dem Rohre befestigt ist, kann diese Beobachtung sehr erleichtert werden) wahr, daß zuerst die über dem Wasser in dem Röhrchen schwebende Luft auf die Hälfte, auf ein Viertel ihres Umfanges reducirt wird, zugleich aber auch, daß das Wasser in eben demselben Röhrchen, um ein nicht Unbeträchtliches sinkt. Da nun das kleine Gefäß des Thermometers selbst im comprimirten Wasser steckt, so ist die Annahme, dieses Sinken käme von der Ausdehnung des Thermometergefäßes her, unstatthaft und es bleibt nur die Annahme übrig, daß das Wasser in diesem kleinen Gefäße wirklich meßbar zusammengedrückt sei.

Fig. 407 (S. 30) giebt eine Zeichnung von diesem Instrument, welches übrigens in Kleinigkeiten, deren Herstellung den Preis um 6—8 Thaler erhöhen können, verschieden gemacht wird, indem ein jeder Mechanikus weiß, was er seinen Kunden bieten kann.

Der Hauptgegenstand ist das Glasgefäß, welches von sehr dicker Wandung und von sehr gut gekühlter Masse sein muß. Dieser Cylinder ist meistentheils an beiden Seiten offen, da man glaubt, dem Boden unten

Digitized by Google

mehr Widerstand geben zu können, als wenn er von Glas wäre, es scheint jedoch diese Vorsorge überflüssig, wenn das Glas nur stark genug ist. Die

Fig. 407.

Ausdehnung, welche das Glas unter vermehrtem Maß des darin enthaltenen Wassers erleiden muß, ist äußerst gering und hat das Glas so viel Elasticität, um den nöthigen Widerstand zu leisten, wäre es Luft, welche darin comprimirt werden soll, so würde man anders verfahren müssen, denn schon bei einer Atmosphäre ist die Luft auf die Hälfte zusammengedrückt, strebt also sich in einem doppelt so großen Raum auszudehnen, dem natürlich das Glas nicht nachgeben kann, ohne in tausend Stücke zu springen. Wasser unter dem Druck von einer Atmosphäre hat nur um 50 Millionstheile seines Volumens mehr als früher, sein Bestreben ist also auch nur darauf gerichtet, fünf Hunderttausendstel seines derzeitigen Volumens mehr einzunehmen, als es unter diesem Drucke hatte.

Innerhalb des Glascylinders steht das, was der Verfasser, um eine ähnliche allgemein bekannte Vorrichtung zum Vergleich zu wählen, ein Thermometer nannte, es ist ein dem Thermometer mit cylindrischem Körper ähnliches Gefäß A, dessen Röhre umgebogen ist, so daß sie bei O in das Quecksilber reicht, welches den Boden des Cylinders bedeckt, es ist sammt der Röhre mit Wasser gefüllt.

Neben dieser Vorrichtung steht eine Glasröhre, oben geschlossen, unten, wo sie in das Quecksilber taucht, offen, sie ist an einem Maßstab befestigt, welcher gestattet, genau zu ermitteln, um wie viel die Luft innerhalb zusammengedrückt ist, dies wird dadurch geschehen, daß wir das Quecksilber O einen beträchtlichen Raum der Röhre füllen sehen. Die in dem kleinen Raume B enthaltene Luft nahm früher den ganzen Raum der Glasröhre ein, sie steht jetzt unter dem Druck von vier Atmosphären bei einem Viertheil ihrer Ausdehnung. Da das Quecksilber durch den vermehrten Druck, der auf das Wasser ausgeübt wird, in die Röhre getrieben ist, so ist daraus allein klar, daß Wasser, Quecksilber und Luft unter demselben Drucke stehen und also durch den Druck gemessen werden können, welcher auf die Luft sich vollständig und meßbar ausspricht.

Digitized by Google

Der obere Theil des Cylinders ist durch eine starke Messinghülse geschlossen, welche tief genug ausgedreht ist, um einen nicht unbeträchtlichen Theil des Glascylinders aufzunehmen, durch einen sowohl bindenden als Wasser nicht aufnehmenden Kitt wird diese Messingfassung so wie der Fuß an dem Glaskörper des Instruments luft- und wasserdicht befestigt.

Ein Trichter R mit einem gut schließenden Hahne dient, um das Gefäß mit Wasser zu füllen, nachdem dasjenige, was wir einmal Wasserthermometer genannt haben und das Maß des Luftdruckes BC hineingesetzt worden, befestigt durch die Holz- oder Korkschieber, welche man in der Mitte angedeutet findet.

Ganz oben sieht man den Schlüssel einer starken und langen Schraube mit sehr feinen Gängen, dieselbe geht durch den ganzen oberen Cylinder und durch die Fassung des Glascylinders, wird vor der Füllung herausgenommen, so daß Wasser bis oben an den ersten Gang der Schraube tritt, man hält dasselbe dort durch Schließen des Hahnes bei R; wenn die Schraube eingesetzt ist, öffnet man ein wenig den Hahn, so daß alles durch die Schraube vertriebene Wasser langsam austreten kann. Ist die Schraube bis auf die Hälfte eingedrungen, so schließt man den Hahn und nun beginnt die Zusammendrückung des Wassers. Man sieht alsbald bei O Quecksilber in das Rohr steigen, welches von A nach O zu dem Quecksilber geht; wie hoch es steigt, zeigt an, um wie viel das Wasser zusammengedrückt ist, und wie hoch das Quecksilber bei B gestiegen ist, zeigt an, unter welchem Drucke — ein, zwei oder mehr Atmosphären — dies geschehen ist.

Es ist eine enorme Kraft, welche so ausgeübt ist, wollte man in einem zum Theile mit Wasser gefüllten Cylinder einen Stempel mit der Hand zu treiben versuchen, so würde dies nicht zum hundertsten Theile einer Linie möglich sein, wenn der Stempel wirklich das Wasser berührt, indessen eben dasselbe ganz leicht geschieht, wenn Luft in den Cylinder (Fig. 408) enthalten ist. Man kann die Zusammendrückung so kleiner Mengen bis auf ein Zehntheil ihres Raumes bringen, lediglich durch den Druck einer starken Hand. Größere Mengen natürlich fordern eine größere Kraft, wollte man die Quantität, welche in einem Luftkissen von Gummizeug enthalten ist, nur auf die Hälfte zusammendrücken, so würde dies keinem Menschen auf Erden gelingen, bei einem Quadratfuß Fläche gehören hierzu schon 2160 Pfund. Ueberdies würde bei dem Versuch das Gefäß, d. h. der Gummischlauch bersten.

Fig. 408.

Was aber zusammengedrücktes Wasser vermag, haben absichtlich und unabsichtlich gemachte Experimente wiederholt gezeigt.

Digitized by Google

Man hat verkorkte und versiegelte große Flaschen von starkem Glase mit dem Senkblei in das Meer hinabgelassen bis zur Tiefe von ein paar tausend Fuß, beim Heraufziehen waren sie stets zerbrochen gefunden, man hatte nur den Hals erhalten; sonderbarer Weise steckte immer der Kork in der Flasche und es war doch kaum denkbar, daß der Druck des Wassers, überall ganz gleichmäßig, das Gewölbe des sehr dicken Bouteillenglases von außen nach innen zerbrochen haben sollte. Es war auch keineswegs so, wie man wahrnahm, bis nach vielfältigen ähnlichen Experimenten die nähere Untersuchung ein Anderes angab. Wie der Elephant den Stöpsel (dicht am Glase abgeschnitten) mit seinem Rüssel aus der Rumflasche zieht, durch Beseitigung des Luftdruckes (sein hohler Rüssel ist die Luftpumpe) auf der äußeren Hälfte des Stöpsels, so drückt das Seewasser den Stöpsel hinein in die Flasche durch Vermehrung des Druckes auf die äußere Seite. Allerdings muß hier die Kraft eine viel bedeutendere sein, da mit dem Hineindrücken des Stöpsels der Widerstand der Luft im Innern wächst, aber was mit drei Atmosphären bei 90 Fuß Tiefe nicht gelingt, das wird wohl bei 30 Atmosphären bei 900 Fuß Tiefe gelingen. Der Stöpsel, nunmehr in die Flasche gedrückt, legt sich alsbald quer vor den Hals und bleibt natürlich in dieser Lage, so lange die Flasche noch im Sinken begriffen ist, sobald sie aber wieder steigt, d. h. wenn sie wieder emporgezogen wird, findet ein Druck von innen nach außen statt, die Flasche steigt in Wasserräume von immer geringerem Druck, mithin will sich das Wasser im Innern der Flasche mit diesem ausgleichen; da es durch den Stöpsel gehindert wird, so schiebt es diesen vor sich her und da der Stöpsel quer vor der Oeffnung liegt, so wird er auch in dieser Lage in den Hals gedrückt, gutwillig oder nicht — im ersten Falle kann man die Flasche ganz herauf bekommen — dann ist nämlich der Pfropfen ohne Hinderniß durch den Hals hindurch gegangen und die Flasche wird dann ohne Stöpsel gefunden, was nicht wenig Erstaunen erregt und zu den tollsten Muthmaßungen Veranlassung gegeben hat (Seethiere, Polypen hätten daran gesogen ꝛc.).

Der Verfasser kam einmal auf den Gedanken, Seewasser aus einiger Tiefe schöpfen zu wollen, um zu sehen, bis zu welcher Tiefe mikroskopische Thierchen und in wie fern verschieden von denen an der Oberfläche lebten, es standen ihm nicht jene kostbaren Apparate zu Gebot, deren man sich gewöhnlich bedient, es wurde daher eine einfachere Einrichtung versucht. Zu einer sehr starken Porterflasche von der Hälfte des gewöhnlichen Maßes, welche bei geringerem Inhalt beinahe gleiche Maße, also viel größere Widerstandsfähigkeit haben, als die sogenannten ganzen Flaschen, wurde ein ganz besonders schöner, kegelförmiger Kork ausgesucht, der bis auf ein Drittheil

Digitized by Google

in den Hals der Flasche ging. In dem obersten breitesten Theil waren ein paar Rehposten eingedrückt und verkittet. Es war denkbar, daß die kleine Flasche dem Drucke des Wassers von außen nach innen Widerstand leisten würde. Bei großem Druck wurde nun natürlich auch der Kork zusammengedrückt und in Folge dessen befähigt, weiter in den Hals der Flasche zu gehen, was durch wiederholtes Heraufziehen aus 100 oder 200 oder mehr Fuß Tiefe beobachtet werden konnte, endlich wurde der Kork in die Flasche gedrückt und nun stürzte das Wasser hinein, der Kork konnte aber wegen der Bleikügelchen nicht quer vor den Hals kommen, welche seine stärkste Seite nach unten zogen und ging mit der Spitze voran.

Der Theorie nach war dies ganz richtig, doch wurde die Flasche nur selten ganz heraufgezogen; was sie hier zertrümmert hatte, war der Schlag, den das unter so gewaltig hohem Druck stehende Wasser ausübt. Dies war daran zu erkennen, daß der Kork gar nicht in dem Flaschenhalse befindlich war. Der Strahl Wasser, der ihm in das leere Gefäß nachschoß, hatte die Flasche zerstört, wenn dasselbe ein wenig gehemmt worden; war es durch eine schadhafte Stelle des Korkes eingedrungen, bevor der Kork ganz in die Flasche geschleudert wurde, so erhielt derselbe die nöthige, die verlangte Lage und schloß beim Heraufziehen die Flasche. Hier trat auch das Erwartete ein, die Flasche kam ganz herauf und brachte Wasser aus großer Tiefe mit. Der Kork konnte, wie das Wasser bei geringerem Druck von außen sich auszudehnen strebte, tiefer und tiefer in den Hals hineingedrängt werden und hätte erforderlichen Falls oben hinaus gekonnt, was jedoch niemals zu erwarten war, da erst bei 1000 Atmosphären Druck (also bei 30,000 Fuß Tiefe) das Wasser um $\frac{1}{20}$ seines Volumens verringert ist, eine kleine Porterflasche aber mehrmals den zehnfachen Inhalt ihres Halses hat.

Perkins hat ein Experiment gemacht, welches höchst sonderbare Resultate liefert. Ein cylindrisches Gefäß mit einem Kegelventil, welches den Austritt eingefüllten Wassers verhinderte, wurde ganz voll Wasser in das Hauptgefäß einer hydraulischen Presse gebracht und nun durch die kleine Pumpe ein sehr starker Druck darauf ausgeübt. Der Cylinder war mit Wasser gefüllt und lag im Wasser, ohne von etwas anderem als dem comprimirten Wasser der Presse berührt zu werden.

Nun ergab sich das höchst Wunderbare, daß, nach dem vom Wasser ausgeübten Druck herausgenommen, das cylindrische Gefäß aussah wie Fig. 409 (S. 34), d. h. daß seine Seiten ringsum regelmäßig tief eingedrückt waren, daß es aber dennoch mehr Wasser enthielt als früher, indem es mehr wog als vor dem Einlegen in das Compressionsgefäß, indem durch das Ventil

Digitized by Google

Wasser eingedrungen war, welches vermöge der Stellung desselben nicht wieder zurück konnte.

Fig. 409.

Hier hat entweder Perkins das Experiment gar nicht gemacht, sondern sich nur ausgedacht, oder der französische Bearbeiter hat den Engländer falsch verstanden. Falls kein Ventil vorhanden war, kein Wasser mehr eindringen konnte, war eine solche Zusammendrückung des Gefäßes möglich, sie mußte aber durch den Gegendruck von innen eigentlich wieder beseitigt werden, sobald der äußere Druck nachließ. Vielleicht ward das Experiment mit einem Gefäß angestellt, ursprünglich von der Form der Fig. 409, damit das eingepreßte Wasser sich und das Gefäß ausdehnen könne, ohne das letztere zu zerstören, indem es durch die Form geeignet war, nachzugeben.

Alles Angeführte beweist die Zusammendrückbarkeit des Wassers, aber auch den ungeheuren Widerstand, den dasselbe der Zusammendrückung entgegensetzt.

Was von dieser einen Flüssigkeit gilt, findet auf alle anderen gleiche Anwendung. Ein Mittel übrigens, alle Körper ohne alle Ausnahme sehr bedeutend zusammenzudrücken, und so daß dies im Großen und ohne besonders künstliche Vorrichtung meßbar ist, liegt in der Erkältung. So wie Wärme alle Körper ausdehnt, so ziehen sich unter dem Einfluß der Kälte alle Körper zusammen.

Ausdehnbarkeit.

Dies ist die Fähigkeit der Körper, einen größeren Raum einzunehmen als sie gewöhnlich haben.

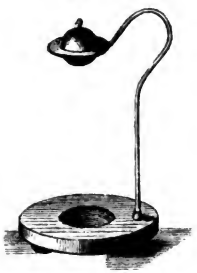
Auch diese Eigenschaft läßt sich am leichtesten bei den luftförmigen Körpern nachweisen. Sie stehen alle unter dem Druck der sie umgebenden Atmosphäre (obwohl in neuester Zeit ein Herr von Driberg diesen Druck hinwegzuläugnen durch absurde Behauptungen sich bemühte). Wird dieser verringert, so nehmen sie sofort einen größeren Raum ein. In viel geringerem Grade findet diese Ausdehnung bei Flüssigkeiten statt, doch sind auch mit solchen entscheidende und beweisende Versuche angestellt. Am wenigsten sichtbar läßt sich die Ausdehnbarkeit bei festen Körpern machen, will man jedoch statt der mechanischen Hülfsmittel sich der Erwärmung bedienen, so ist dieselbe an allen Körpern ohne Ausnahme nachzuweisen, doch muß man mit denjenigen Körpern, die durch Erhitzung innere chemische Veränderungen erleiden, sehr behutsam umgehen, weil es leicht möglich ist,

Digitized by Google

daß man sie durch zu große Erwärmung zerstört, und dann wohl ein Zusammenschrumpfen, aber kein Ausdehnen wahrnimmt.

Durch Experimente pflegt man diese Eigenschaft für feste Körper so zu zu beweisen, daß man eine Kugel, welche genau durch einen Ring geht, so lange sie im kalten Zustande, in demjenigen ist, bei welchem sie gearbeitet wurde (Fig. 410), erwärmt, indem sie über eine brennende Lampe gehalten wird.

Fig. 410.



Das dazu gehörige Gestell wird vielfältig abgeändert, einmal wie hier mit einem vertieften hölzernen Untersatz gemacht, damit die Kugel nicht Beulen bekomme, wenn sie fällt, ein anderes Mal ist sie an einer Kette aufgehängt (wozu das Häkchen oben an der Kugel verwendet wird); dies ist gleichgültig, die Thatsache wird so wie so bewiesen, daß die Kugel größer geworden, daß sie sich ausgedehnt hat und es kommt nur auf die Genauigkeit der Arbeit an, um auch zu zeigen, daß nur eine sehr geringe Temperaturerhöhung dazu nöthig. Der Mechanikus Ertel in München zeigte dem Verfasser einen sehr schönen Repetitionskreis, ein Instrument für den astronomischen Gebrauch, in welchem sich zwei Kreise in einander bewegen, wie sich etwa ein Rad innerhalb seines Beschlages bewegen könnte, wenn dieses nicht absichtlich dadurch verhindert würde, daß man keinen Spielraum läßt und den Beschlag festschraubt. Beide Kreise tragen Theilungen und controliren sich, indem sie auf derselben Axe stehen, gegenseitig.

Die Arbeit an diesem Instrumente war wunderschön, die Bewegung des inneren Kreises in dem äußeren so leicht, daß ein leiser Druck des Fingers genügte, sie auszuführen. Da sagte der Mechanikus: „nun fassen Sie einmal eine Speiche des inneren Rades zwei Secunden lang mit ihrer Hand"; als dies geschehen, klemmte sich das Rad so, daß ohne Gewalt keine Bewegung möglich war. Die Erhöhung der Temperatur konnte höchstens 10 Grad betragen, und das war genug, eine Ausdehnung zu bewirken, welche die Bewegung beeinträchtigte.

Bei flüssigen und luftförmigen Körpern ist die Ausdehnbarkeit ohne große Schwierigkeiten zu zeigen. Fig. 411 (S. 36) zeigt eine Glaskugel mit einer daran befindlichen Röhre. Die Kugel ist ganz, die Röhre zum Theil mit irgend einer Flüssigkeit gefüllt; gesetzt sie stehe nach dem Füllen bei *m*, so wird, sobald man die Kugel nur um ein Geringes erwärmt, die

Digitized by Google

Fig. 411.

Flüſſigkeit in der Röhre ſteigen. Dies drückt aus, daß die Flüſſigkeit in der Kugel ausgedehnt worden, nicht mehr Platz hat und ihren Ueberfluß in die Röhre ſendet.

Die ganze Kunſt der Wärmemeſſung, die Thermometrie, beruht auf dieſer Eigenſchaft der Ausdehnbarkeit. Alle unſere Künſteleien mit Luft-, Weingeiſt-, Metall- u. ſ. w. Thermometern kommen nur darauf hinaus, daß erwärmte Körper einen größeren Raum einnehmen als kältere.

Für Gaſe zeigt die zweite Zeichnung der letzten Figur eine geeignete, der vorigen ganz ähnliche Einrichtung, eine Kugel mit einem Rohr; das letztere hat aber bei *S* eine Biegung, in welche man einen oder ein paar Tropfen einer gefärbten Flüſſigkeit bringt, die Kugel und der übrige Theil der Röhre iſt, was man gewöhnlich leer nennt, d. h. nur mit Luft erfüllt. Die geringfügigſte Erwärmung der Kugel und der darin enthaltenen Luft macht die Flüſſigkeit aufwärts ſteigen nach dem kleinen Trichter an dem Rohre. Steigt die Erwärmung auf ein paar Grad, ſo wird man die Geſammtmaſſe der Flüſſigkeit in dem Trichter vereinigt finden und die Luft, welche bis dahin den Raum der Kugel und des Rohres bis *S* einnahm, wird nunmehr auch das ganze übrige Rohr erfüllen. Es verſteht ſich, daß dieſes Experiment mit jeder beliebigen Gasart gemacht werden kann. Solche Inſtrumente waren früher die feinſten und hießen Differentialthermometer, weil man glaubte, ſie gäben die Differenz der Wärme an. Dies weiß man jetzt beſſer.

Poroſität.

Kein Körper beſteht ganz aus der Maſſe, die er zu haben ſcheint, auch bei dem dichteſten Körper, dem gehämmerten Platina ſind noch Zwiſchenräume vorhanden, die mit der Materie gefüllt ſind. Bei Bimſtein, Kork, Thon, Holz, Leder ſehen wir dies mit bloßen Augen deutlich. Andere Körper haben der Poren, der Zwiſchenräume weniger, keinem Körper aber fehlen ſie. Wir werden durch die äußere Hülle getäuſcht. So wie ein Heuhaufen, ein zuſammengerolltes Netz, ein Ballen Baumwolle ein dichter Körper ſcheint, aber keineswegs iſt, ſo ſcheint auch nur ein Stück Eiſen oder Gold vollkommen dicht zu ſein. Aller Wahrſcheinlichkeit nach ſind in dem feſteſten Körper, den wir kennen, die leeren Zwiſchenräume in unendlich größerer Menge vorhanden als die durch die Materie des Körpers erfüllten Räume, ja es iſt die Meinung aufgeſtellt worden, daß, wenn aus aller Materie des

Digitized by Google

Erdballs plötzlich alle Zwischenräume entfernt werden könnten, die ganze Masse des Erdballs vielleicht zu einer Wallnuß zusammensintern möchte. Wenn auch etwas Uebertreibung in dieser Hypothese sein dürfte, so ist doch das gewiß, daß die Theilchen der verschiedenen Körper nicht in Berührung mit einander sind, sondern nur vermöge ihrer Anziehungskraft an einander haften. Die aufgestellte Behauptung aber selbst läßt sich sofort sehr einfach beweisen. Der Begriff der Berührung schließt die Möglichkeit noch größerer Annäherung aus. Zwei Körper oder zwei Theile eines Körpers, welche sich berühren, können nicht noch näher an einander gebracht werden. Nun kann man aber die einzelnen Theile einer gehärteten Stahlstange, welche keinen Eindruck mehr annimmt, sondern unter dem Hammer wie Glas zersplittert, noch sehr wohl einander nähern, indem man die Stange mehr und mehr erkältet, mithin konnten die Theile dieser Stahlstange sich nicht berühren. Es wird dem Laien in der Physik sehr schwer, dies zu glauben, wenn er sich indessen mit den aufgestellten Begriffen gehörig vertraut macht, so wird er die Richtigkeit der Behauptung zugestehen müssen.

Sehr leicht läßt sich an vielen Körpern die Porosität sichtbar machen. Wenn man ein kurzes Stäbchen Eichenholz an einem Ende benetzt, das andere Ende desselben in den Mund nimmt und nun versucht, die Luft hindurch zu blasen, so wird man an dem anderen benetzten Ende sehr deutlich kleine Pünktchen und Bläschen sich erheben sehen, welche für's Erste beweisen, daß die in den Zwischenräumen des Holzes befindlich gewesene Luft durch den Druck der Lunge ausgetrieben wird, eben aber dadurch auch beweisen, daß in diesem Holze Kanäle und Zwischenräume vorhanden. An einem Stücke Rehleder nimmt man die Poren nicht so deutlich wahr, gießt man auf dasselbe jedoch Quecksilber, so kann man durch Zusammendrehen und Drücken des Leders das Quecksilber durch dasselbe hindurchpressen, es sprüht in tausend feinen, zarten Strahlen wie ein Silberregen heraus, die Kanäle andeutend, durch welche es gegangen. Es ist dies die gewöhnliche Art, schlechtes Quecksilber von den beigemischten Unreinigkeiten, Blei, Wismuth ꝛc. wenigstens oberflächlich zu trennen.

Aber nicht groben Eichenholzes oder weichen Rehleders bedarf es, um die Porosität der Körper darzuthun, auch das festeste Buchsbaum- und das schwärzeste Ebenholz hat solche Poren.

Stellen wir uns unter P (Fig. 412, S. 38) den Teller einer Luftpumpe und unter A eine auf den Teller gesetzte Glasröhre von ein paar Fuß oder ein paar Zoll Höhe (dies ist gleichgültig) vor. Unten sieht man einen Haken innerhalb des Glases, dies ist das Ende des Kanals, der zu der eigentlichen Pumpe führt und nur deshalb die Biegung hat, damit das

Digitized by Google

Fig. 412.

Queckſilber, welches bei dem Experiment gebraucht wird, nicht hineindringen könne.

Oben auf der Glasröhre, die man nur deshalb länger als einige Zoll macht, um den zierlichen Silberregen beſſer zu ſehen, befindet ſich ein Meſſingaufſatz, deſſen äußere Form die Hauptfigur zeigt, deſſen innere Einrichtung aber nebenbei in der Detailzeichnung zu ſehen.

Die Röhre iſt nämlich innerhalb dieſes Aufſatzes nicht durch ein Stück Metall, ſondern durch ein zolldickes Stück Buchsbaum- oder Grenadillholz *o* geſchloſſen. An den Wänden rundum findet eine genaue Verkittung ſtatt. Ueber dem Holze ſteht in dem metallenen Trichter eine Schicht Queckſilber *m*, welche das Holz gänzlich bedeckt.

Wenn man nun dieſe Vorrichtung zum Experiment benutzt, d. h. wenn man die Luft aus der Röhre zieht, ſo beginnt alsbald das Queckſilber die Holzplatte zu durchdringen und als feiner Regen herabzufallen, wobei ſich von ſelbſt verſteht, daß der Schnitt des Holzſtückes der richtige ſei, denn gingen deſſen Faſern in ihrer Längenrichtung quer durch die Glasröhre, ſo würde natürlich kein Queckſilber hindurchdringen können.

Dieſer Queckſilberregen dauert ſo lange fort, als oben noch die ganze Fläche des Holzes mit Queckſilber bedeckt iſt, findet dies nicht mehr ſtatt, ſo hat begreiflich die Luft gar keine Urſache, Queckſilber mit Mühe und Noth durch das Filtrum zu drücken, ſie geht frei hindurch und ſucht den leer gewordenen Raum mit ihrem Körper zu füllen. Dies iſt der Grund, warum das Experiment ſo häufig mißlingt; der Experimentator iſt zu ſparſam mit dem theuren Queckſilber, für fünf Silbergroſchen bekommt man nicht viel, man braucht ein paar Pfund und dieſe koſten in einer Stadt, wo es nicht Droguiſten giebt, wenigſtens ſechs Thaler, ſo viel iſt dem phyſikaliſchen Cabinet des Gymnaſiums nicht ausgeſetzt, daß es zu einem Experiment ſo viel verwenden könnte.

Bei Flüſſigkeiten läßt ſich durch Erwärmung darthun, daß ſie andere Subſtanzen, als zu ihrem eigentlichen Beſtehen gehören, in ihren Zwiſchenräumen unſichtbar geborgen hatten. Wenn man Waſſer in einem Glas-

Digitized by Google

gefäße behutsam erwärmt, so sieht man zuerst den Boden, dann die Wände desselben sich mit zahlreichen, ganz kleinen Luftbläschen bedecken, dies ist diejenige Luft, welche in dem Wasser vorhanden war und welche der Fisch durch seine Kiemen (seine Lungen) ausscheidet, einathmet und ohne welche er nicht bestehen kann. Fortgesetztes Erwärmen trennt diese Bläschen von den Wänden dieses Gefäßes, sie steigen nun auch aus dem Inneren des Wassers auf und wenn man das Wasser eine Zeit lang kochen läßt, so ist es dergestalt luftleer geworden, daß ein Fisch, den man nach erfolgter Erkältung des Wassers hineinbringt, sofort erstickt. Auf gleiche Art lassen sich die Poren in allen anderen Flüssigkeiten nachweisen.

Theilbarkeit.

Durch mechanische Mittel kann man jeden Körper zerkleinern. Flüssigkeiten durch Auseinandersprühen, feste Substanzen durch Schneiden, Sprengen, Zerstoßen, Pulverisiren, Feilen u. s. w.

Die Kunst des Menschen hat das Zerkleinern, Zertheilen auf einen sehr hohen Grad gebracht; wie alles Mechanische seine Grenze hat, so hat denn freilich auch die Kunst des Zertheilens ihre Grenze, ob aber die Theilbarkeit der Materie nicht so unendlich ist, wie die mathematische Theilbarkeit, muß dahingestellt bleiben. Hier genügt nachzuweisen, bis wie weit die technische Fertigkeit der Zertheilung gediehen ist.

Zu gewöhnlichen technischen Zwecken wird das Zertheilen durch Zerreiben vorgenommen, man zerreibt Korn zu Mehl, Steine zu Farbe. Man zertheilt aber auch durch Mischung verschiedener Substanzen, ein Tropfen concentrirter Schwefelsäure in ein Bierglas Wasser gebracht, läßt sich darin noch durch den Geschmack wahrnehmen, ein Tropfen concentrirter Carminauflösung färbt einen ganzen Eimer Wasser noch bemerkbar röthlich, ja in der Theorie gehen auf diesem Wege die Homöopathen sehr weit, sie vermischen ein wirksames Mittel mit tausend Theilen eines indifferenten, hiervon nehmen sie abermals einen Theil auf tausend Theile eines neuen indifferenten, haben also in dieser zweiten Verdünnung von der wirksamen Arznei nur noch ein millionstel Theil, bei der vierten Verdünnung ein billionstel, bei der sechsten ein trilliontel und bei der fünfzigsten ein centilliontel (eine Zahl, welche durch eine Eins und 600 Nullen dargestellt wird) Theil. Ob es möglich ist, daß nur bei der achten Verdünnung, welche schon ein Quadrilliontel giebt, die wirksame Substanz noch ferner wirklich vertheilt wird, ob es möglich ist, daß ein Tropfen Dinte, in das caspische Meer geträufelt, sich nach und nach der ganzen Wassermasse mittheile, was

Digitized by Google

beiläufig kaum einem Trilliontel entsprechen möchte, wollen wir dahingestellt sein lassen, in der Theorie aber hat die Sache ihre vollkommene Richtigkeit, wir können noch viel weiter gehen als bis zu der Eins mit den 600 Nullen.

Eine andere mechanische, sehr wirksame Art Körper zu zertheilen, ist das Walzen, Strecken, das Plattiren. Gold und Platina sind sehr großer Dehnbarkeit fähig, ein Ducaten läßt sich so dünn schlagen, daß man einen Reiter sammt dem Rosse damit bedecken könnte. Bei den unechten Goldtressen ist das Kupfer, bei den echten das Silber mit einer sehr feinen Schichte Goldes bedeckt, sie ist so fein, daß sie bei einem Drahte von einem Fuß Länge noch nicht $^1/_{1000}$ Gran wiegt. Der hundertste Theil eines Zolles würde mithin noch nicht den achtzehnhundertmillionsten Theil ($^1/_{1.800.000.000}$) von einem Lothe Goldes enthalten. Betrachtet man aber so ein Stück durch ein Mikroskop mit 500maliger Vergrößerung, so sieht man das Stückchen Draht 500 Mal länger und 500 Mal breiter als es ist, trennt man in Gedanken von dieser Fläche ein Stückchen, welches so groß schiene als das vergrößerte Stückchen in der Wirklichkeit ist, so würde man ein sichtbares Theilchen Gold haben, welches dem Gewichte nach dem 450billionsten Theile eines Lothes entspräche.

Es ist bezweifelt worden, ob die Theilbarkeit noch weiter getrieben werden könne, versteht sich bei derselben Substanz, denn bei anderen Substanzen ist dies ganz leicht, wie wir gleich sehen werden. Der Verfasser glaubt eine solche weitere Theilbarkeit des Goldes bei den Goldschlägern wahrgenommen zu haben. Bekanntlich wird das Goldblech, wenn es *unmittelbar* unter dem Treibhammer nicht mehr weiter gestreckt werden kann, zwischen sogenannte Goldschlägerhäutchen gebracht und nun ferner geschlagen, bis es die nöthige Dünnheit hat.

Um aber für den *sogenannten* Goldschnitt auf Bibeln und Gesangbüchern für die *Landleute* ein Material zu haben, welches wohlfeiler ist als das Blatt-Gold und doch ungefähr so aussieht, legt man ein Goldblättchen zwischen zwei Silberblättchen und treibt sie nunmehr unter dem Treibhammer weiter; diese auf einer Seite äußerst schwach vergoldeten Silberblättchen führen den Namen Zwischgold. Sie haben auch nicht im allermindesten im Gewichte zugenommen, viele tausende solcher Blättchen wiegen nach der Vergoldung nicht einen Gran mehr als vor derselben, es ist also eine durchaus unmeßbare, unwägbare kleine Menge Goldes, *sichtbar* auf eine sehr große Fläche *fest vertheilt* und der Verfasser glaubt, daß ihm nicht wird nachgewiesen werden können, es gäbe ein Mittel, Gold auf mechanischem Wege noch weiter zu vertheilen.

Sehr interessant ist es noch zu wissen, daß man Platina zu Draht

Digitized by Google

ausziehen könne, welcher bei Weitem feiner ist als Spinngewebe. Für die astronomischen Fernröhre, welche man Passageinstrumente nennt, braucht man einen Draht von außerordentlicher Zartheit, man nahm sonst dazu die feinsten Spinnenfäden, allein obwohl dieselben nur den zweitausendsten Theil eines Zolles dick sind, so sind sie für die höchste Verfeinerung unserer jetzigen Instrumente doch noch zu dick und der Mensch ist dahin gelangt, einen Draht zu bereiten, der im Durchschnitt noch 81 Mal so fein ist als solch ein feiner Spinnenfaden. Um diesen Draht zu bereiten, durchbohrt man eine ziemlich dicke Silberstange mit einem Bohrer, der etwa den zwanzigsten Theil des Durchmessers dieser Stange hat. In diese natürlich der Länge nach gemachte Bohröffnung bringt man einen genau passenden Platindraht und zieht jetzt diesen Doppeldraht auf gewöhnliche Weise durch einen Drahtzug immer feiner und feiner. Natürlich strecken sich beide Metalle auf ganz gleiche Weise in dem Verhältniß, in welchem sie vorhanden sind, und man erhält zuletzt einen Draht von der äußersten Feinheit, zu welcher Silberdraht nur irgend gebracht werden kann, welcher aber bei alledem noch in seinem Innern einen Platindraht hat, der 20 Mal 20 oder 400 Mal so wenig Masse enthält als der Silberdraht. Man ätzt nunmehr durch kochende Salpetersäure diese silberne Hülle hinweg, das Gerippe derselben, der feinste Platindraht bleibt von dieser Säure unangegriffen, und man bekommt durch diesen Kunstgriff einen Draht, welcher nicht über den 18,000sten Theil eines Zolles dick ist, mithin im Durchmesser 9 Mal oder im Durchschnitt 81 Mal so dünn sein muß als der feinste Faden, den eine kleine Spinne spinnt. Dieser Draht ist bei all seiner Feinheit noch stark genug, um einige Gran zu tragen, er kann daher auch gerade ausgespannt werden und dient in diesem Zustande, eines der wichtigsten Instrumente der Astronomie, das Mikrometer, zu vollenden.

Es werden mit diesen Fäden die Bewegungen der Weltkörper, ihre Größen und Entfernungen auf das Genaueste gemessen. Hieraus wird auf ihre Masse, ihre Dichtigkeit u. s. w. geschlossen, und es wird in einer kleinen Drahtzieherwerkstatt das Seil gesponnen, womit der Mensch die Weltsysteme ausmißt, woran er sich über die Sterne erhebt, womit er das Weltall umschlingt und seine Bewegungen den ewigen Gesetzen der Mathematik unterwirft.

Es scheinen die Grenzen der Theilbarkeit hier beinahe erreicht und dennoch ist dies bei Weitem noch nicht der Fall; durch Hämmern, Ziehen und Strecken mag die Theilung nicht weiter getrieben werden können, allein durch Mischung, durch Veränderung des Aggregatzustandes, durch Verdampfen und Verflüchtigen läßt sie sich noch unendlich viel weiter treiben; so genügt

Digitized by Google

ein Gran blauen Carmins vollständig, um 10 Pfund Wasser deutlich blau zu färben.

Diese 10 Pfund Wasser enthalten bedeutend mehr als 620,000 Tröpfen, wenn ein jeder derselben auch nur 100 Carmintheilchen enthält, wodurch das Wasser gefärbt wird, so bedarf es schon einer Theilung des einzigen Grans bis auf ungefähr 65,000,000 Theilchen, um die Färbung möglich zu machen, wahrscheinlich aber übersteigt die Wirklichkeit noch bei Weitem diese Berechnung.

Riechbare Stoffe lassen sich so fein vertheilen, daß sie sich fast allen unseren Sinnen entziehen. Bei den vorgenannten Beispielen waren die Theile noch immer fühlbar, sichtbar, meßbar; hier kann sie nur noch der Sinn des Geruches unterscheiden und man erstaunt, wenn man nur einige der hierher gehörigen Beispiele näher betrachtet. Ein einziger Tropfen Neroliöl mit einem Theelöffel voll Weingeist vermischt und über einem Lichte verdampft, erfüllt den Raum des größten Concertsaales mit einem durchdringenden Orangenblüthengeruch, ja es bedarf nicht einmal einer wägbaren Quantität, um solche Erfolge zu erzielen, wenn die Riechstoffe noch kräftigerer Natur sind, wie z. B. Moschus. Die leere Schachtel von Moschuspulvern, welche ein Sterbender verbraucht hat, erfüllt eine Reihe von Jahren hindurch den Schreibtisch, in welchem sie steht und das Zimmer, in welchem dieser sich befindet, mit ihrem Geruche, ohne daß auch nur ein Stäubchen des Moschus in diese Schachtel selbst gekommen wäre. Hier hört sogar die Möglichkeit der Berechnung auf. Welch eine Masse von Theilchen muß die Schachtel aushauchen, um alle die Personen, welche in solch ein Zimmer kommen, mit dem Moschusgeruch zu erfreuen oder zu belästigen, welch eine unendlich größere Masse muß sie ausspühen, um die Luft zu schwängern, welche ungerochen verweht.

Wenn von einer unendlichen Theilbarkeit die Rede ist, so kann dieselbe wohl schwerlich besser bewiesen werden als durch dieses Beispiel, und doch scheint es, als ob die Natur in ihren Gestaltungen eine noch weiter getriebene Kleinheit, noch weitere Theilbarkeit zu erlangen vermöchte. Der Staub auf den Schmetterlingsflügeln, unter einem guten Mikroskop betrachtet, besteht aus lauter schön und regelmäßig ausgebildeten großen Federn, welche in ihrer Construction ganz denen der Vögel und in ihrer Form den Schwanzfedern der Raubvögel gleichen, einen Kiel und eine auf beiden Seiten desselben gleiche Fahne haben. Dies sind Riesenstraußfedern neben denen unserer Motten, aber auch diese Colibrifedern der Motten sind gekielt und haben zweiseitig Fahnen und jedes Fäserchen einer solchen Fahne ist wieder

Digitized by Google

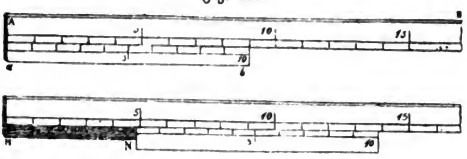
eine Feder mit zwei Fahnen, wie wir von dem Bau unserer größten Vögel wissen.

Aber die Infusionsthierchen sind noch unendlich viel kleiner als diese zarten Federchen, noch unendlich kleiner als die kleinsten Theile dieser Federn, aber wohin kein, auch noch so treffliches achromatisches Mikroskop von Robert oder Schiek reicht, im scheinbar reinen Tropfen aus gestandenem Wasser, zeigt uns das Hydrogenmikroskop noch ganze Welten von Thieren der wunderbarsten Formen und diese Thiere haben Theile und sind gegliedert, bewegen diese Glieder nach ihrem freien Willen und Bedürfniß, aber in diesen Gliedern laufen Röhren, Adern, bestimmt, dieselben zu ernähren, in diesen Adern laufen Säfte; dies übersteigt wohl alle Begriffe und kann uns zeigen, daß wir mit unserem Messer gar nicht von Theilbarkeit sprechen sollten.

Es führt uns dies auf die Grenzen, welche uns gesetzt sind, wirkliche Theilungen vorzunehmen. Diese Grenzen liegen erstaunend nahe: ein Zoll kann bequem getheilt werden in 12 gleiche Theile, diese nennt man Linien, eine Linie kann mittelst einer guten Loupe noch in 10 Theile getheilt werden, dann sind wir zu Ende und soll noch etwas weiter Gehendes erreicht werden, so muß man außerordentlich fein gearbeitete Instrumente und zusammengesetzte Mikroskope anwenden, dann bringt man es auf 100 Theile einer Linie. Nun stehen aber die Striche auch schon so nahe an einander, daß man sie mit bloßem Auge nicht mehr sieht und daß keine Messerschneide mehr zwischen zwei solche Striche gebracht werden kann.

Die Astronomie fordert aber noch feinere Theilungen, was das Instrument nicht mehr giebt, das leistet noch die Schätzung durch das Auge und die Messung durch Vergleich. Fig. 413 zeigt uns das Instrument, welches

Fig. 413.



man Nonius nennt, nach seinem Erfinder, der, wie die Portugiesen behaupten, Peter Nonius (oder Nuniez) geheißen und vom Anfang des 16. Jahrhunderts bis über die Mitte desselben gelebt, es finden sich jedoch außer dieser von Kästner beigebrachten Nachricht keine weiteren Beweise, als daß er Mittel gekannt habe, kleine Theile noch kleiner zu theilen, auch

Digitized by Google

ist bis zur Mitte des 17. Jahrhunderts seiner nirgend erwähnt. Peter Vernier aber, ein Burgunder, also wahrscheinlich ein Deutscher (Werner), denn der burgundische Kreis gehörte bis 1668 zu Deutschland, beschreibt ihn 1631 genau und nennt sich den Erfinder.

Der Schlüssel zu dieser Theilung ist in Folgendem zu finden: AB ist in beliebig viele Theile getheilt, wir wollen uns von diesen Theilen noch Zehntheile verschaffen, überall so weit der Maßstab reicht. Dies wäre erstens sehr unbequem, dann würde es, sobald die Theile beträchtlich kleiner sind als hier angegeben, kaum möglich, kaum ausführbar sein, der Nonius aber gestattet die Ausführung beinahe ohne Rücksicht auf die Kleinheit, denn es wird beinahe nichts weiter gefordert, als was auf dem Maßstabe selbst geleistet wurde. Man sieht von A ab die Theilung über 5 zu 10 und 15 laufen. Von den Theilen nimmt man möglichst genau neun und theilt diesen Raum auf dem Stück ab in zehn Theile, dann ist ab der Nonius (die Franzosen nennen ihn stets Vernier) von AB.

Gesetzt man habe nun etwas zu messen, das Stück MN, so legt man dies, wie immer geschieht, an den Maßstab. Es reicht über den vierten Theilstrich, erreicht aber nicht den fünften, wie viel hat es nun mehr als die vierfache Länge eines Theilstriches? Man schiebt den Anfangspunkt des Nonius heran und sieht, welcher seiner Theilstriche mit den Theilstrichen des Maßstabes zusammenfällt — es ist wie man sieht der achte — so sagt man, das Stück MN mißt $4\frac{8}{10}$ Theile.

Nehmen wir an, wir hätten den Anfang eines Metremaßes, welches schlechtweg in Centimetres getheilt ist (es lassen sich sogar auf Holz noch

Fig. 414.

sehr gut Millimetres theilen, deshalb also würden wir keinen Nonius brauchen, es ist nur ein Beispiel), so theilt der Nonius AB diese Theilung noch einmal mit 10, das heißt in Millimetres. An CL, womit der Maßstab beginnt, wird das zu messende Stück angelegt (wie oben gesagt) und nun der Nonius herangeschoben. Die ganzen Centimetres sind leicht zu finden, die Millimetres aber ergeben sich leicht aus der Betrachtung, man geht bis zu denjenigen Strichen, wo eine Deckung stattfindet und zählt von diesen bis zu dem zu messenden Körper zurück, von dem Theilstrich e des Maßstabes bis zu dem Theilstrich f des Nonius ist ein Zehntheil, von e

Digitized by Google

bis *d* sind zwei Zehntheile und von *a* bis *b* sind drei Zehntheile einer Maßtheilung, d. h. drei Zehntheile eines Centimetre oder drei Millimetres.

Ein Jeder sieht ein, daß man viel kleinere Theile nehmen kann, als Centimetres oder Linien, daß es überhaupt auf die Art des Maßes gar nicht ankommt, daß der Nonius sammt dem Maßstabe gar nicht geradlinig zu sein braucht, also auch sehr wohl zur Kreistheilung angewendet werden kann, und endlich sieht man eben so leicht ein, daß es nicht ein Körper zu sein braucht, den man mißt, sondern daß es auch eine Linie, eine Richtung, ein Winkel sein könne und daß der Nonius also den Vortheil gewährt, wenn man z. B. an einem Gradbogen direct nur Sechstelgrade messen könnte, Zehntel eines Sechstelgrades, d. h. Minuten zu messen, und daß wenn bei einem größeren Kreise die Theilung vielleicht auf Minuten ginge, der Nonius sie auf sechs Secunden bringen würde u. s. f. So ist man denn auch schon dahin gelangt, an Kreisen oder Kreissegmenten von drei Fuß Radius einzelne Secunden beobachten zu können, und als Professor Gauß einen bei Reichenbach in Benedictbeuren gearbeiteten großen Repetitionskreis durch eine Alhidade mit zwei Mikroskopen prüfte (um zu sehen, ob alle Grade gleich, oder was dasselbe ist, ob die Theilstriche gleich weit von einander entfernt seien), konnte Reichenbach, der dies erfuhr, mit Recht entrüstet schreiben: „das Instrument sei viel zu schade für ihn, denn es zeige sich aus seinen Versuchen, daß er nicht einmal wisse, der Spinnewebfaden im Mikroskop sei so breit, daß er den möglichen Fehler zudecke;" so weit war schon vor 30 Jahren die Theilungskunst gekommen, allein dennoch und obwohl sie unterdessen so weit vorgeschritten ist, daß man am Himmel Zehntheile einer Secunde nicht nur beobachtet (denn der Kreis ist sehr groß), sondern an Aequatorial-Instrumenten mißt, so ist dies immer nichts im Vergleich mit der Kleinheit der Theile mancher Thiere, welche sich zwar nicht dem Mikroskop, wohl aber gänzlich dem Messer des Zootomen entziehen, obwohl dessen Schärfe auch dem bewaffneten Auge nicht mehr sichtbar ist.

Um noch, was für die Physik von Wichtigkeit ist, die nöthigen Mittel anzugeben, auch die Dicke von Körpern zu messen, so wollen wir anführen, daß man am leichtesten durch Rechnung wegkommt, wenn man nur viel Exemplare des zu messenden hat. Will man z. B. wissen, wie dick ein Blatt des feinsten Velinbriefpapiers sei, so darf man nur das ganze Ries messen, und dieses gefundene Maß mit der Zahl der darin enthaltenen Blätter dividiren. Ein Ries hat 480 Bogen, einmal gefaltet mithin 960 Blätter, hat das Ries 3 Zoll Dicke, so ist der 960ste Theil hiervon

Digitized by Google

oder der 320ſte Theil eines Zolles dasjenige, was man die Dicke des Papierblattes nennen muß.

Hat man aber nur einen Bogen und will man ihn ſo viel Mal brechen, ſo hat man allenfalls ein Reſultat, aber man weiß nur, wie dick der Bogen war, den man hatte, denn was nach ſo vielmaligem Brechen wieder ausgebreitet zum Vorſchein kommt, iſt zu nichts mehr brauchbar, auch iſt dieſe Methode ungenau, da man den Druck nie vollkommen gleichmäßig in ſeiner Gewalt hat; endlich aber läßt ſie ſich in tauſend Fällen gar nicht anwenden, wenn man ein ſchillerndes Glimmerblättchen, ein Blättchen von kryſtalliſirtem Gyps hat, ſo läßt ſich dieſes nicht vertauſendfältigen, noch würde man es thun, wenn es ginge. Da hat man denn ſogenannte Sphärometer, bei denen eine ſehr fein geſchnittene Schraube mißt.

Fig. 415.

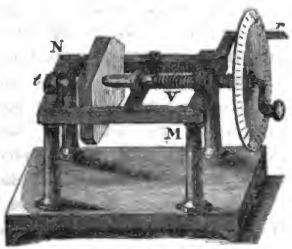


Fig. 415 zeigt ein Geſtell mit einem ziemlich ſtarken Metallrahmen MN, in welchem eine fein geſchnittene Schraube V läuft, welche bis zur Berührung mit einem Stift t gebracht werden kann, der innerhalb des Rahmens zu ſehen iſt. Die Schraube hat eine Kurbel und zwiſchen der Schraubenſpindel (welche einen ganz cylindriſch geſtalteten Kern haben muß, durchaus nicht verjüngt zulaufen darf) ſitzt eine Kreisſcheibe, welche in hundert (oder mehr) Theile getheilt iſt. An dem Rahmen iſt ein Arm r befeſtigt, welcher dicht an die Scheibe geht, jedoch ſie nicht berührt. Der Arm hat auch eine Theilung und zwar eine genau den Gängen der Schraube entſprechende, ſo daß wenn die Oberfläche der Scheibe von einem Theilſtrich zum anderen gerückt iſt, gerade ein Schraubenumgang vollendet iſt. Die Unterabtheilungen dieſer Dicke mißt man an der Theilung des Kreiſes, ſind 50 Theile an r vorübergegangen, ſo hat man eine halbe Drehung gemacht, damit alſo die Höhen eines halben Umganges gemeſſen ꝛc.

Gemeſſen wird nun wie folgt: man bringt die zu meſſende Platte, Tafel, was es ſei, in den Rahmen, wie die Fig. 415 zeigt und dreht die Scheibe und Schraube ſo lange, bis die Platte ſowohl von dem ſtumpfen Ende der Schraube V als von dem ſtumpfen Stift t berührt wird.

Vorausgeſetzt an dem Zeiger r ſtehe 0, wenn die Schraube und der Stift ſelbſt ſich berühren, ohne daß etwas dazwiſchen liege, ſo wird man

Digitized by Google

nun genau wissen, wie viel Schraubengänge die Platte dick ist, der Kreis hat den vierten Theilstrich überschritten, also zuerst vier und dann sind noch 30 Abtheilungen des Kreises an dem Zeiger r vorübergegangen, im Ganzen beträgt also die Dicke $4\frac{30}{100}$ oder $\frac{4}{10}$ Schraubengänge. Die Höhe eines solchen aber kennt man sehr genau und somit hat man sehr genau gemessen.

Fig. 416.

Die Fig. 416 giebt dasselbe Instrument einfacher und doch besser construirt. Es steht frei auf drei Füßen, auf einer eben geschliffenen Spiegelscheibe. Auf diese wird auch der zu messende Gegenstand gelegt und dann verfahren wie vorhin. Die Sicherheit ist hier viel größer, weil nichts in der Hand gehalten werden darf.

Kräfte.

Wir haben in dem Bisherigen von den Eigenschaften der Körper gesprochen, es muß nunmehr auch das besprochen werden, was wir Kräfte nennen. In der allgemeinsten Auffassung könnte man sagen, Kraft sei der Inbegriff alles dessen, was Bewegung verursacht, hindert, ändert.

Allerdings haben wir nicht die entfernteste Vorstellung von „Kraft", von dem, was ein Stück Eisen stärker zusammenhalten macht als ein Stück Blei, und was wir Cohäsion nennen, von dem, was den Stein zur Erde zieht, und was wir Schwere heißen, von dem, was eine gebogene Stahlfeder wieder gerade macht und was wir Elasticität nennen. Indeß hat jede Aenderung eines Zustandes einen Grund, und diesen Grund nennen wir Kraft, selbst wieder zurückzugehen auf den Grund der Kraft, ist dem kurzsichtigen Menschen nicht gestattet.

Ein berühmter französischer Gelehrter, Malebranche, und vielleicht ihr größter Denker, Philosoph, welcher die Grundsätze des Carteſius mit einer außerordentlichen Beredtsamkeit vertheidigte, zugleich aber einen eigenen Weg einschlug, indem er darzuthun suchte, daß in der Natur Alles auf gelegentliche Ursachen zurückzuführen sei, Gott aber in Allem persönlich mitwirke, der Mensch nur durch Gott erkenne oder Gott (die allgemeine, alles erleuchtende Vernunft) dem Menschen Alles mittheile, Malebranche

Digitized by Google

findet die unmittelbare Mitwirkung Gottes bei jedem Wurf, Stoß, bei jeder Bewegung nöthig und macht so die ganze Körperwelt zu einer ununterbrochenen Reihe von Wundern. Man hat mit dieser wie mit jeder anderen Erklärungsart nichts weiter erzielt als ein Mittel, unsere Unwissenheit zu verstecken. So ist denn das Wort Kraft zu einem Ausdruck geworden, der wegen des dunklen Begriffes, den er bezeichnet, ganz bequem ist, um aus ihm andere Wirkungen abzuleiten. Das Wort Kraft drückt im eigentlichen Verstande das aus, was wir in uns fühlen, wenn wir ruhende Körper bewegen oder wenn wir bewegte aufhalten wollen. Die Empfindung, welche wir alsdann haben, ist jederzeit mit einer Veränderung der Ruhe oder Bewegung des Körpers, auf den wir wirken, begleitet. Wir können uns nicht enthalten, das, was in uns ist, für die Ursache der Veränderung anzunehmen.

Sehen wir nun ähnliche Veränderungen ohne unser Zuthun erfolgen, so sind wir geneigt, eine ähnliche Ursache davon, eine Kraft außer uns zu vermuthen. So sagen wir, daß unsere Hand Kraft anwende, um einen Stein zu werfen, mit der Axt einen Hieb zu führen, wir schreiben der gestoßenen, rollenden Billardkugel, welche eine andere ruhende fortstößt, eine Kraft zu und sagen: sie hat der ruhenden einen Theil ihrer Kraft abgegeben, oder wenn die angestoßene fortläuft, die stoßende aber stehen bleibt an dem Berührungspunkte, sagen wir: sie hat der gestoßenen ihre ganze Kraft abgegeben. Wir nennen die Cohäsion, welche die Trennung der Körpertheile verhindert, eine Kraft, eben so die Adhäsion, welche das Haften zweier Körper an einander bewirkt, wir nennen so die Elasticität und die Härte, welche verhindert, daß die Körper andere Gestalten als ihre gewöhnliche annehmen (was die Elasticität begünstigt), kurz wir bezeichnen damit sehr Verschiedenes und schieben das Wort ein, wo wir nicht anders uns zu helfen wissen:

„Denn eben wo Begriffe fehlen,
Da stellt zur rechten Zeit ein Wort sich ein."

Wir kennen irgend eine Kraft nur aus der Wirkung, welche sie ausübt, daher ist die Wirkung für uns das Maß der Kraft. Ein Pferd zieht eine gewisse Menge von Pfunden in einer Minute eine gewisse Strecke weit, ein Mensch dreht ein Maschinenrad so und so oft um in einer Minute. Was nun wieder in einer Minute vier mal so viel als das Pferd oder sechs mal so viel als der Mensch bewerkstelligt, das nennen wir — sei es nun die Leistung des Windes, einer Dampfmaschine oder des fallenden Wassers — vier Pferdekraft oder sechs Menschenkraft.

Digitized by Google

Da aber hier zwei Größen zu betrachten sind, ein gehobenes Gewicht und die Geschwindigkeit, mit der es gehoben wird, so nennt man schon das eine Verdoppelung der Kraft, wenn einer der beiden Factoren verdoppelt wird. Also z. B. ein Pferd hebt 360 Pfund in einer ein- für allemal angenommenen Zeiteinheit 100 Fuß, eine Maschine aber hebt 360 Pfund in derselben Zeiteinheit 200 Fuß, so sagt man, die Maschine hat zwei Pferdekraft; eine andere Maschine hebt 3000 Pfund in derselben Zeit 100 Fuß, so sagt man, sie habe zehn Pferdekraft.

Die Kraft wird also betrachtet als ein Product der Multiplication von M (der bewegten Masse) mit C (celeritas, Geschwindigkeit), dies ist der in den Lehrbüchern gebräuchliche Ausdruck, er ist auch vollkommen faßlich und der Sache entsprechend. Das Multipliciren mit dem dritten Factor würde zu keinem Resultat führen, wer das für eine Minute Geleistete auf zehn Minuten erstrecken und sagen wollte: 360 Pfund, 1000 Fuß gehoben in zehn Minuten gebe eine zehnfache Pferdekraft, der würde uns zeigen, daß er nichts von der Sache versteht, denn er hat nur eine Pferdekraft zehn Minuten lang wirken lassen, nicht aber eine Pferdekraft verzehnfacht.

Es ist gleichgültig, in welcher Reihe wir die einzelnen Kräfte betrachten, wir wollen mit der Elasticität beginnen.

Elasticität

ist eine Eigenschaft der Körper, welche mit deren Ausdehnsamkeit, Zusammendrückbarkeit und Porosität in genauem Zusammenhange steht. Ein elastischer Körper gestattet, daß ein äußerer Eindruck seine Form verändere und er stellt die Form wieder in ihrem früheren Zustande her, wenn der äußere Eindruck aufhört. Bestreicht man eine auf fester Grundlage ruhende, polirte Steinplatte sehr dünn mit Fett und legt man behutsam eine Billardkugel von Elfenbein darauf, so wird man einen sehr kleinen runden Fleck an der Stelle wahrnehmen, wo die Berührung stattgefunden hat. Läßt man die Billardkugel aus der Höhe von 2 Fuß auf die Platte fallen, so ist der Fleck größer, bei einem Fall aus 6 bis 8 Fuß noch viel größer. Dieser Fleck giebt das Maß der Zusammendrückbarkeit des Elfenbeins, seine Ausdehnsamkeit aber hat die frühere Form wieder hergestellt, die Kugel ist so rund wie zuvor.

Wenn man dasselbe Experiment mit einer Kugel von elastischem Harz macht, so werden die zurückgelassenen Flecke viel größer sein, ist die Kugel von gehärtetem Stahl, so werden sie viel kleiner sein (vorausgesetzt daß

Digitized by Google

die Höhen, aus denen die Kugel auf die Platte fällt, unter allen Umständen gleich sind). Im gemeinen Leben sagt man: das Federharz sei sehr elastisch, der Physiker nennt jedoch Elfenbein und Stahl viel elastischer als Federharz, weil diese Körper mehr Kraft fordern, um zusammengedrückt zu werden.

Daß alle Luftarten elastisch sind, ist allgemein bekannt, sie werden im freien Zustande durch das Gewicht der Atmosphäre zusammengedrückt und äußern ihre Elasticität, durch das Bestreben einen größeren Raum einzunehmen, wenn der vorhandene Druck verringert wird oder aufhört. Daß aber die tropfbaren Flüssigkeiten auch elastisch sind, d. h. sich zusammendrücken lassen und nach Aufhören des Druckes sich wieder bis zu der vorigen Räumlichkeit ausdehnen, ist eine Entdeckung der neueren Physik, wiewohl die Elasticität einem jeden aufmerksamen Beobachter hätte daraus allein einleuchten müssen, daß Flüssigkeiten jeglicher Art den Schall fortpflanzen, was nur durch elastische Körper geschieht.

In welcher Form der elastische Körper auch erscheine, die gedachte Zusammenziehung und Ausdehnung kommt immer zum Vorschein; eine Stahlklinge wird gebogen, die äußere Krümmung ist länger, die innere kürzer als die Klinge, wenn sie gerade ist. Hängt man ein Gewicht an eine Draht- oder Darmsaite, so daß sie Spannung erhält, und hebt nun das Gewicht und läßt es dann plötzlich los, so wird man es in sehr kurzen Zwischenräumen sinken und wieder steigen sehen, weil es im ersten Augenblicke die Saite streckt und diese im nächsten sich wieder zusammenzieht und so fort.

Die Elasticität aller Körper hat bestimmte Grenzen. Werden diese überschritten, so zerbricht die Klinge, zerreißt die Saite, bekommt die Kugel eine Beule, die gestörte Form wird nicht wieder vollkommen hergestellt. Bei tropfbar und ausdehnsam flüssigen Körpern (Luftarten) ist dies nicht der Fall, sie kehren vollständig wieder in den früher erfüllten Raum zurück, sie sind also vollkommener elastisch als die festen Körper. Wenn man einen Bogen aus einer recht elastischen Holzart, noch besser wohl aus mehreren Lamellen verschiedener Holzarten zusammengeleimt, verfertigt und ihn mit einer Sehne bespannt, so ist er nunmehr geeignet, Elasticität zu zeigen und auszuüben und zwar in einer Art, wie man dieselbe vom Holze gar nicht erwartet. Man ist gewohnt, Stahl für sehr elastisch zu halten, Stahl ist es nicht halb so sehr wie Tannenholz oder wie die Holzarten überhaupt. Um bei dem Beispiel von dem Bogen zu bleiben: die englischen Boman (Bogenschützen) schießen Pfeile von vier Loth Gewicht im horizontalen Schuß 240 Schritte weit mit einem Dinge, was der Unkundige geneigt ist, für ein langes Pfeifenrohr zu halten. Ein Streifen Brasilienholz von 3 Fuß

Digitized by Google

Länge und ½ Zoll Dicke in der Mitte, zugeschrägt nach beiden Seiten, bildet die Feder des Bogens, unten ist ein halbrundes Stück Ahorn, oben ein flaches Stück Eschenholz von 5 Fuß Länge darangeleimt, so daß die beiden letztgenannten Hölzer auf jeder Seite über die Feder hinaus stehen.

Ein solcher Bogen mit einer Sehne von Hanf, beinahe ungedreht, bespannt, trägt den Pfeil, der von kundiger Hand abgeschossen wird, auf 240 Schritt im horizontalen, auf 500 Schritt im Bogenschuß. Nie bringt man mit dem kräftigsten Stahlbogen, und wäre er aus dem feinsten Solinger Klingenstahl gefertigt, einen solchen Schuß zuwege. Noch bei weitem kräftiger sind die Bogen, welche man in der Krim, namentlich in Baktschisarai verfertigt und welche noch vor einem Jahrzehnt von Persern und Tscherkessen den Schießgewehren vorgezogen und mit 6000 Piaster (ungefähr 1000 Gulden C.-M.) bezahlt wurden. Sie waren aus einer mehr als zollbreiten Platte von Cedernholz, aus zwei ellenlangen Abschnitten Horn und aus langgestreckten Pferdedärmen gefertigt, hatten nicht gespannt eine ganz wunderliche, verkehrte Form, mit der Sehne bezogen aber waren sie von jener klassischen Form, welche ein Bogen des Apollo oder des Eros zeigt und von der wir ein täuschend ähnliches Miniaturbild in der Linie finden, welche den oberen Theil der Oberlippe eines wohlgeformten, jugendlichen Mundes begrenzt.

Solch einen Bogen versuchten die Freier der Penelope vergeblich zu spannen, nicht damit zu schießen, wenn er einmal gespannt ist, denn alsdann kann ein jeder mit der Waffe Vertraute es ohne große Anstrengung — der Stärkere wird es nur besser können als der Schwächere — sondern spannen oder bespannen dergestalt, daß die Sehne, die abgenommen wird, um die Federkraft des kostbaren Instruments zu erhalten, wieder-gerade, straff und schußrecht auf dem Bogen liegt. Mit solch einem Bogen schoß, nach einem Streit über die Zweckmäßigkeit dieser oder der Feuerwaffen, Sultan Selim III. in Gegenwart des englischen Gesandten und seines Gefolges, auf dem Pferde sitzend, zwei 8 Loth schwere Pfeile nach einander ab, von dem der eine 1040, der andere 1120 Yards weit flog.

Von einer solchen Elasticität hat man kaum einen Begriff und selbst die Elasticität der Gasarten ist keine so große, wenn sie nicht durch Erhöhung der Temperatur unterstützt wird, es giebt keine Windbüchse, welche eine zweilöthige Kugel 200 Schritt weit mit hinlänglicher Wirkung triebe, viel weniger eine achtlöthige 1120 Yards (d. h. beinahe 4000 Fuß, dies ist Kanonenschußweite).

Eine große Menge unserer Werkzeuge, unserer kostbarsten Instrumente

Digitized by Google

dankt der Elasticität ihr Entstehen oder Bestehen. Ohne die Elasticität der Stahlfedern hätten wir keine Taschenuhren, keine Chronometer und keine Springfedermatratzen, worauf sich so trefflich schlafen läßt; ohne Elasticität des Eisens gäbe es manche sehr nützliche Vorrichtung zum Wägen und zum Messen der Kräfte nicht.

Fig. 417.

Fig. 417 zeigt eine solche höchst einfache Wage, sie besteht aus einem hohlen eisernen Cylinder, in welchem eine starke Springfeder auf einem beweglichen Eisenstab, auf der Axe des Cylinders und der Spiralfeder läuft. Hängt man den Stab oben an einen Haken, unten bei *b* aber irgend eine Last daran, so wird der Cylinder herabgezogen und die Feder zusammengedrückt. Je stärker diese nun ist, desto kräftiger muß der Druck sein, um sie gehörig zusammenzudrücken. Man hat vorher ausprobirt, wie weit ein Pfund, zwei Pfund, zehn Pfund dies thun, und da die Zusammendrückung in der Länge des Stabes, welcher oben hinausragt, sich ausspricht, so macht man bei 1, 2, 9, 10 u. s. f. Striche und schreibt Nummern dazu. Wenn nachher bei dem Wägen einer dem Gewichte nach unbekannten Substanz die Striche auf dem Stabe zum Vorschein kommen, so sagt man, diese Masse wiegt eben so viel als das Gewicht, bei welchem der oder jener Theilstrich gemacht wurde, d. h. sie wiegt 6, 8 ꝛc. Pfund. Gewöhnlich wird statt einer solchen Bezeichnung, welche unbequem wäre, der Cylinder, dessen Inneres wir sehen, aufgeschlitzt und bei *n* an dem Stempel ein kurzer Zeiger angebracht, welcher in dem Spalt läuft, neben welchem auf der Fläche des Cylinders die Zahlen eingegraben werden.

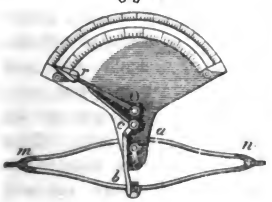
Eine andere Wage, gleich dieser Magazinwage genannt, weil man sie gewöhnlich zum Wiegen von Heu und Stroh in den Magazinen verwendet, ist in Fig. 418 gegeben. Es ist eine Feder *acd* ungefähr von der Form der Schafscheere, welche das Gewicht durch das Zusammendrücken ihrer langen Schenkel angiebt. An einem Bogen *ad*, der vom oberen Schenkel herabgeht, hängt das Gewicht, an einem ähnlichen Bogen *be*, der von dem unteren Schenkel nach oben und durch den oberen geht, hängt die Wage mittelst eines Hakens an einem Balken, indem durch den Zug des Gewichts der Schenkel *a* an dem Bogen *eb* vorbeigeht, markirt er die verschiedenen Punkte, bis zu denen die Feder zusammengedrückt wird durch ein Pfund, zwei Pfund ꝛc. und gewährt so ein sehr gutes Mittel, auf eine einfache Art mäßige Lasten, wenn nicht genau zu wiegen, so doch annäherungsweise zu

Fig. 418.

Digitized by Google

ſchätzen. Ein hierher gehöriges Inſtrument, lediglich auf die Eigenſchaften, welche elaſtiſche Körper haben, geſtützt, wie die beiden vorigen, iſt der Kraftmeſſer oder Dynamometer.

Fig. 419.



Eine ſtarke Stahlfeder von der Form *manb* hat bei *b* einen feſtſtehenden Metallſtab, welcher auf den Winkelhebel *c* drückt, ſobald die Form der länglich gezogenen Feder verändert wird. Dies geſchieht, ſowohl wenn man bei *m* und *n* zieht, als wenn man zwiſchen *na* und *mb* die beiden Theile der Feder an einander drückt. Der Hauptkörper zeigt uns eine Gradleiter, auf welcher der Zeiger *or*, bewegt durch den Winkelhebel, verſchiedene Stellen anzeigen kann; es ſind dieſer Gradleitern zwei, die äußerſte giebt die Zahlen an in Pfunden, welche man durch Druck von *a* nach *b* ausgeübt hat, die innere Scala zeigt in Centnern, was z. B. ein Geſpann Pferde leiſtet, wenn *m* befeſtigt und die Zugkraft bei *n* angebracht iſt.

Natürlich werden alle die Grade und die dazu gehörigen Zahlen durch Verſuche mit jedem einzelnen Inſtrument ermittelt, denn es iſt unmöglich, zwei Inſtrumente, zwei Federn (*mn*) vollkommen gleich zu machen, wenn daher die Feder einmal bricht, ſo kann man zu derſelben Scala ſich nicht eine neue einſetzen laſſen.

Ohne Elaſticität des Eiſens, des Silbers, des Meſſings, der Darmſaiten hätten wir keine Flügel und keine Harfen, keine Bratſche und keine Geigen, ohne die der Luft keine Orgel und keine Blaſeinſtrumente, ohne Elaſticität des Stahles würden unſere Kutſchen nicht in Federn hängen, und wenn die Metalle überhaupt nicht elaſtiſch wären, hätten wir keine Glocken, keine Sägeblätter, keine Stimmgabeln, wenn das Elfenbein nicht elaſtiſch wäre, gäbe es kein Billard, wären die Dämpfe nicht, ſo gäbe es keine Locomotiven und keine Schraubenſchiffe, kurz die mächtige, allgemein verbreitete Kraft greift in alle möglichen menſchlichen Bedürfniſſe ein.

Härte.

Im Gegenſatz zur Elaſticität ſteht die Härte oder Starrheit. Der elaſtiſche Körper geſtattet eine Aenderung der Form, der ſtarre nicht, man kann einen ſtarren Körper wohl zerbrechen, aber nicht biegen, wird ein harter Körper geſtoßen, ſo nimmt er keinen Eindruck an oder derſelbe iſt an dieſer

Digitized by Google

Stelle zerstört; Sandstein gehört unter die wenigen Körper, welche fast gar keine Elasticität besitzen. Schlägt man auf einen Basaltblock mit einem Hammer, so springt derselbe zurück wie von einem Ambos, thut man dasselbe gegen einen Block Sandstein, so springt der Hammer nicht zurück, aber auf der Stelle, wo der Stein getroffen wurde, hat er einen weißen Fleck von zermalmtem Sande. Auch getrockneter Thon gehört in diese Kategorie, eben so Schiefer, allein diese Substanzen sämmtlich sind doch keineswegs ganz ohne Elasticität, also keineswegs das, was man hart nennen kann, denn diesem Begriffe entspricht ein Körper, der auch nur die geringste Spur von Nachgiebigkeit, von Elasticität hat, nicht mehr. Wenn man einen der genannten Körper in einer Form wählt, welche einem solchen Versuche günstig ist, so wird man sich leicht überzeugen können, daß auch selbst hier nicht unbeträchtliche Spuren von Elasticität zu finden sind. Befestigt man einen getrockneten, allein noch nicht gebrannten Thonpfeifenstiel (aus einem der härtesten Körper gemacht) an einem Ende, indeß man das andere Ende abzubiegen sucht, so wird man finden, daß dies um eine bis zwei Linien möglich ist, der Stiel aber, wenn der Druck nachläßt, wieder in seine ursprüngliche Lage zurückkehrt. Setzt man den Versuch fort, so bricht natürlich das Rohr ab und führt den Beweis, daß die Elasticitätsgrenze sehr bald überschritten sei, allein Elasticität war doch jedenfalls vorhanden, wenn auch nur wenig. Eben so ist es mit einem recht langen Schieferstift, auch er hat noch einen Antheil Elasticität, ist also nicht vollkommen hart.

Gewöhnlich wird mit dem Worte hart ein ganz anderer Begriff verbunden, man nennt z. B. den Stahl und den Feuerstein hart und braucht diese Substanzen auch wohl zu Vergleichen, steinhart, härter wie Stahl, glashart. Es ist dies die Sprache des gewöhnlichen Lebens, aber nicht der Physik, die Härte des Stahles ist eben ein Ausdruck seiner Elasticität; der Schieferstift ist bei Weitem härter als der Stahl, denn er ist bei Weitem weniger elastisch.

Will man in die Beschaffenheit der Materie eingehen, so stößt man auf unzählige Schwierigkeiten und Widersprüche; ob es Atome, kleinste Theile der Körper gebe, die nun nicht weiter theilbar seien, ob sie absolut hart wären, dies scheinen müßige Speculationen, wir wollen dieselben daher nicht weiter berücksichtigen.

Adhäsion.

Zwei Körper im Raume, welcher Art sie auch sein mögen, ziehen sich an; diejenige Anziehung, welche zwischen zwei Körpern, die in möglichste

Digitized by Google

Nähe gebracht werden (bis zur sogenannten Berührung) stattfindet, nennt man Adhäsion, hauptsächlich wird dieses Wort von der Eigenschaft flüssiger Körper, feste zu benetzen, gebraucht, doch auch feste Körper adhäriren, hängen an einander. Wenn man zwei Stücke Spiegelglas von der Größe eines Briefbeschwerers kreuzweis über einander legt, so kann man, das obere mit Behutsamkeit aufhebend, das untere Spiegelglas daran hängen bleiben sehen, und ist dieser Versuch doch nur sehr roh; wenn man aber zwei Glas- oder zwei Metallplatten auf einander mit Sorgfalt abschleift, so steigt ihre Adhäsion dergestalt, daß man eine Kraft von 10 und mehr Pfund für den Quadratzoll braucht, um, wenn sie einmal gut an einander gebracht sind, sie zu trennen, aus einander zu reißen. Mit welcher Kraft aber Flüssigkeiten an festen Körpern hängen, davon hat man gewöhnlich gar keinen Begriff.

Bringt man zwischen zwei solche Adhäsionsplatten etwas Wasser, reibt man sie auf einander fest und versucht sie nun aus einander zu reißen, so gelingt dies schon viel schwerer, allein wenn man sie getrennt hat, so sieht man beide Platten ganz benetzt, man hat also Wasser von Wasser gerissen (man hat die Cohäsion des Wassers überwunden), nicht Wasser von festen Körpern.

Wenn man nun aber die eine der so benetzten Platten ganz rein wischt und sie dann mit der anderen überfährt, sie dann nochmals rein abwischt, nunmehr aber unter den nöthigen Vorsichtsmaßregeln, daß keine Luft zwischen die Platten komme, zusammenreibt, so ist selbst ein sehr starker Mann nicht im Stande, sie aus einander zu reißen, und wenn es etwa zweien gelingt, so findet man die Platten stellenweise naß, stellenweise ganz trocken, man hat hier wirklich Wasser von dem festen Körper losgerissen und dieses hat solche Kraft erfordert.

Es ist auch nur eine Bestätigung der alten Definition der Adhäsion, die flüssigen Körper hängen mit den festen stärker zusammen, als die Theile der flüssigen Körper unter sich; wo dies nicht der Fall ist, findet auch keine Adhäsion statt. Wasser benetzt den hineingetauchten Finger, allein wenn derselbe mit Bärlappsamen bestreut ist, benetzt es denselben nicht; Wasser auf einen Tisch gegossen, zerfließt darauf und benetzt ihn, ist derselbe jedoch staubig oder wird er mit Bärlappsamen bestreut, so läuft das Wasser in flach gedrückten Kügelchen darauf umher und bei der geringsten Neigung (schrägen Stellung) davon herunter, ohne ihn zu benetzen. Aehnlich ist es mit dem Benetzen von Wachs, von fetten Körpern; hier ist immer die Anziehung der Theile der Flüssigkeit unter einander stärker als zwischen diesen und den festen Körpern, darum man auch keine Adhäsion wahrnimmt.

Digitized by Google

Queckſilber benetzt alle Metalle mit Ausnahme des Eiſens und des Platin; obwohl nun die Theile des Queckſilbers einen ſehr viel ſtärkeren Zuſammenhang unter ſich haben als die des Waſſers unter ſich, ſo findet doch eine Adhäſion zwiſchen ihnen und den feſten Metallen ſtatt, welches beweiſt, daß die Adhäſion in den letzten Fällen noch ſtärker ſein muß als die Kraft, mit welcher die Queckſilberatome unter einander zuſammenhängen.

Das Nichtanhaften des Queckſilbers an Eiſen und an Platin ſcheint doch darauf zu führen, daß die Adhäſion oder Nichtadhäſion des Queckſilbers an die Metalle einen anderen Grund habe als die Adhäſion des Waſſers. Zwiſchen dieſem und dem benetzten Körper findet keine Verbindung ſtatt, man kann das Waſſer von Metallen, von Marmor, von Glas vollkommen rein abwiſchen, dies kann man mit dem Queckſilber nicht, es dürfte doch ſehr ſchwer werden, einen durch Queckſilber befleckten Ducaten rein, d. h. wieder gelb zu wiſchen; wie kommt es ferner, daß Platina eben ſo ſchwer und eben ſo weich wie Gold, mit dem Queckſilber keine Verbindung eingeht. Das Amalgam, welches ſich aus der Verbindung von Queckſilber mit einem anderen Metalle bildet, iſt etwas ganz anderes als dasjenige, was entſteht, wenn Waſſer auf Stein oder Metall gegoſſen wird, und dieſer Verſchiedenheit wegen, ſo wie überhaupt in der ganzen Erſcheinung müſſen wir die Adhäſion als ein für uns unerforſchliches Geheimniß erkennen, deſſen Urſache zu ergründen bis jetzt noch nicht gelungen iſt.

Die Adhäſion hindert die Flüſſigkeiten, horizontale Oberflächen innerhalb eines Gefäßes anzunehmen, ſie ſtehen immer mit hohler Oberfläche darin, d. h. die Flüſſigkeit ſteht überall am Rande höher als in der Mitte. Wo keine Adhäſion ſtattfindet, ſtehen die Oberflächen convex. Beides, die erhabene wie die hohle Stellung, kann bis zur vollſtändigen Halbkugel gehen, an der erhabenen Form hat aber die Adhäſion nicht Schuld, ſondern gerade die Abweſenheit derſelben; ſo ſteht Queckſilber in einem Bierglaſe eben mit eingebogenem Rande, in einer fingerbreiten Röhre ſchon etwas gerundet und in einer viertelzölligen Röhre durchaus halbkugelförmig, iſt aber das Gefäß von Zinn, Kupfer oder einem durch Queckſilber amalgirbaren Metall, ſo ſteht daſſelbe darin hohl.

Adhärirende Flüſſigkeiten auf flache Körper gebracht, zerfließen darauf, nicht adhärirende ſtehen in kleinen Kügelchen an, daher die Thautropfen auf den Blättern, welche mit einer zarten Wachshaut überzogen ſind. Durch Adhäſion benetzt das Waſſer die Federn der Hühner, welche im Regen ganz traurig ſtehen wie gebadete Katzen; weil keine Adhäſion zwiſchen dem Waſſer und den ſorgfältig befetteten Federn der Schwimmvögel, Gänſe, Schwäne ꝛc.

Digitized by Google

stattfindet, macht der Regen sie nicht naß, ja sie können tagelang im Wasser umherrudern, schwimmen, tauchen, ohne naß zu werden.

Wenn eine adhärirende Flüssigkeit aus einem cylindrischen Glase ausgegossen wird, so lange dasselbe noch voll ist, so läuft sie an demselben äußerlich herunter, an der Form des Tropfens sieht man den Widerstreit dreier Kräfte, die Cohäsion strebt ihn kugelig zu formen, die Adhäsion zieht ihn an dem Glase flach aus einander, die Schwere zieht denselben nach unten aus, um ihn zum Herablaufen, zum Fallen zu bringen.

Queckſilber aus einem Glase gegossen, springt im Bogen davon weg, denn es findet keine Adhäsion zwischen ihm und dem Glase statt; Wasser thut dasselbe, wenn man den Rand des Glases mit Talg bestreicht, Queckſilber dagegen fließt am Rande des Gefäßes herunter wie Wasser, wenn das Gefäß von Zinn oder Blei ist.

Die Adhäsion des Wassers benetzt den Leinwandbeutel, in welchen man dasselbe gießt, daher fließt es hindurch, zwischen den Fäden des Flachses und dem Queckſilber findet keine Adhäsion statt, deshalb kann man Queckſilber in einem leinenen Beutel tragen, ohne daß es durchfließt, falls dessen nur nicht zu viel ist, so daß es durch seine Schwere durchgepreßt wird.

Die Adhäsion kann in manchen Fällen sehr hinderlich sein, so kostet es außerordentliche Mühe, die Luft von der Oberfläche der Körper zu entfernen, an denen sie mit einer außerordentlichen Hartnäckigkeit haftet; dies macht das Auskochen der Barometer und Thermometer nöthig, die Luft, welche für uns unsichtbar an den Wänden des Glasrohres haftet, wird durch Erhitzen in kleinen Bläschen sichtbar und diese Bläschen weichen nicht eher, als bis man sie durch die Dämpfe des zum Kochen gebrachten Queckſilbers verjagt.

Andererseits benutzt man wieder die Adhäsion zu unendlich vielen technischen Zwecken, namentlich indem man zwischen zwei feste Körper einen flüssigen bringt, welcher mit der Zeit erstarrt; dies nennt man Kleben, Leimen, Löthen, die Kreidetheilchen adhäriren an der schwarzen Holztafel, die Bleistift- und Pastelltheilchen an dem Papier, Gold und Silber an dem Probirstein, so wie an dem mit dem Polirpulver bestreuten Leder, womit sie glänzend gerieben werden. Große, gut geschliffene Glastafeln zu Spiegeln dürfen nie ohne dazwischen gebrachte Flanellstreifen auf einander gelegt werden, vernachlässigt man diese Vorsicht, so ziehen die beiden Tafeln, ja mehrere, sich so fest an einander, daß sie nicht mehr von einander zu trennen sind. Der Verfasser sah in einer großen Spiegelmanufactur in Nürnberg einen ganzen Stoß 2 Fuß langer Spiegel, welche durch einen Lehrling auf einander gepackt und einige Zeit vergessen worden waren. Da es unmöglich

Digitized by Google

war, sie zu trennen, so glaubte man wenigstens die Hälfte derselben durch Darbietung von Spaltungsflächen noch retten zu können und schnitt die oberste Tafel quer durch. Der Schnitt drang nach und nach durch alle Tafeln und man hatte zwei Glasblöcke von Kubikfußgröße, aber die einzelnen Tafeln bekam man doch nicht aus einander.

Mit solcher Gewalt hängt auch das Amalgam an dem Spiegelglase. Auf einen ebenen Tisch (meistens von Stein) wird eine reine Zinnfolie gelegt und diese wird ganz mit Quecksilber übergossen, so daß es $\frac{1}{8}$ oder $\frac{1}{4}$ Zoll darüber steht. Die recht reine Glastafel schiebt man nun so auf das Quecksilber, daß sie darauf schwimmt, alsdann wird der Tisch geneigt und das Quecksilber fließt ab. Man hebt die Tafeln empor und stellt sie schräg an die Wand, wo nach und nach Alles, was sich nicht mit dem Zinn zu einem Amalgam vereinigt hat, abläuft. Es dauert zwar Monate lang, ehe dies geschehen und ehe das Amalgam hart geworden, allein die Adhäsion des Metalles an dem Glase, wodurch dasselbe zum Spiegel wird, findet schon von dem Augenblick statt, wo die Glastafel auf dem Quecksilber schwimmt, von welchem sie nicht mehr abzuheben ist, ohne zu zerbrechen, durch Schieben kann man dies noch bewerkstelligen, was mitunter nöthig, wenn irgend ein Fehler, z. B. ein Luftbläschen, ein Staubfleck ꝛc. bemerkt wird, da man dann die ganze Procedur von vorn anfängt, allein ist das Quecksilber einmal abgelaufen, so findet auch ein solches Verschieben nicht mehr statt und die Adhäsion hält das Quecksilberamalgam dergestalt an dem Glase fest, daß es lediglich durch Abkratzen davon entfernt werden kann und man nicht ein Stück von der Größe einer Linie davon losſprengen, von dem Glase unbeschädigt trennen kann.

Die Adhäsion hat eine Gewalt, von der man sich in der Regel nichts träumen läßt. In des Verfassers Besitz ist eine ungewöhnlich große Elektrisirmaschine, der hohle Glaskörper hat 22 Zoll Durchmesser, die Wirkung ist außerordentlich und darum ist das Instrument ein Gegenstand der Aufmerksamkeit des Besitzers. An demselben wurde eine Entdeckung gemacht, die befremden mußte: inwendig an vielen verschiedenen Stellen waren Glasschülverchen, feine Blättchen losgesprungen, die Adhäsion hatte sie von der Masse des Glases getrennt. Der Cylinder war, um ihn inwendig gehörig zu trocknen, mit Schellack und Colophonium zu gleichen Theilen ausgeschmolzen, der Glaskörper war so lange erhitzt, bis das Harzpulver darin zum Fließen gebracht, die Wände inwendig ganz bedeckte.

Harz und Glas dehnen sich sehr verschiedenartig aus durch die Hitze und ziehen sich eben so verschiedenartig zusammen; hierbei hatten sich Harztheile von dem Glase getrennt, aber sie hatten die Glasoberfläche, an welcher

Digitized by Google

sie hingen, mitgenommen und eine Grube, eine Vertiefung zurückgelassen. So hatte die Adhäsion zwischen Harz und Glas die Cohäsion der Glastheile unter sich überwunden.

Ein anderes Experiment kann ein Jeder zu seiner Belehrung leicht machen. Wenn man guten, recht starken Leim in eine Porzellanschale gießt und darin trocknen läßt, so wird die Spannung des Leimes, der an der Porzellanfläche haftet, nach und nach immer stärker, je mehr Wasser verschwindet, verdunstet, je trockner der Leim wird. Endlich löst sich die ganze Leimschale von der Porzellanschale — aber nicht ohne daß die Porzellanschale verdorben wäre — viele große und kleine Stücke sind aus ihrer Glasur, oft bis tief in die Masse dringend, herausgelöst, und doch hat Porzellan eine noch viel größere innere Festigkeit als Glas.

Diese große Gewalt der Adhäsion benutzt man beim Plattiren des Kupfers mit Silber. Eine $\frac{1}{2}$ Zoll dicke Kupferplatte wird mit einer Silberplatte von dem achten oder zehnten Theile der Dicke (auch von dem vierten Theile, je nach dem höheren oder geringeren Werthe, den die Plattirung haben soll) bedeckt, sie wird durch ein paar Metallklammern gehalten, beide Platten werden hellroth glühend gemacht und nun auf einem Walzwerk gestreckt; nochmals glühend gemacht, streckt man sie immer weiter, bis sie diejenige Stärke haben, in welcher man sie verlangt.

So behandelt sind die einzelnen Metalle wie mit einander verwachsen, wie auf einander geschmolzen, daß es jedoch nichts weiter ist als dieses Anhaften, das geht aus schadhaften Stellen hervor. Wo beim Walzen irgend ein Fehler entstanden, der Druck vielleicht nicht stark genug war, haben sich die beiden Metalle nicht mit einander verbunden, dort lösen sie sich freiwillig von einander ab; wenn eine Löthung, eine Schweißung, ein Zusammenschmelzen stattgehabt hätte, so wäre dies nicht möglich.

Daß der Anwurf an der Mauer haftet, kommt von der Adhäsion her, daß die Farbe auf der glatt geriebenen Wand sitzen bleibt, nicht als trocknes Pulver abfällt, wenn die Feuchtigkeit verdunstet, eben daher; der Kalk kann nicht so von der Wand fallen, da ist aus geglühtem Kalk, Sand und Wasser eine chemische Verbindung, der Mörtel entstanden, dieser bildet, wenn er gut bereitet, wenn er nicht statt des Kalkes mit dem wohlfeilen Sande überladen ist, einen festen Stein. Daß der Mörtel in sich Zusammenhang hat, rührt nicht von der Adhäsion her, wohl aber daß er an den Ziegeln und sonstigen Bausteinen haftet.

Durch Adhäsion haftet die Druckerschwärze an der Walze, durch Adhäsion wird sie von dieser auf die Lettern übertragen, durch Adhäsion von den Lettern auf das Papier gebracht. Bei dem Kupferstich ist es nicht so, da

Digitized by Google

wird die Farbe in die feinen Vertiefungen eingerieben, die Kupfertafel wird eingeschwärzt, ihre Oberfläche abgerieben, abgeputzt, mit einem ätzenden Alkali wird das möglicher Weise noch darauf befindliche Fett verseift; nun aber wird die Adhäsion wieder in ihre Rechte eingesetzt. Die Walzen, zwischen denen Kupferplatte und Papier hindurchgehen, drücken beides scharf an einander, die Adhäsion nimmt die Farbe aus den Vertiefungen der Kupferplatte heraus und überträgt sie auf das Papier. Ja wenn eine Lithographie oder ein Kupferstich auf dem zarten chinesischen Papier abgedruckt werden soll, so geschieht zur Befestigung desselben auf dem größeren und dickeren Kupferdruckpapier nichts weiter, als daß beide gleichzeitig unter die Presse kommen, welche sie dergestalt an einander drückt, daß sie nun ohne Bindemittel an einander haften bleiben.

Die Technik hat sich dieser Adhäsionserscheinungen noch in anderer Weise bemächtigt, um z. B. eine Wasserhebemaschine darauf zu bauen; schon in früheren Zeiten unter dem Namen der Seilmaschine bekannt, hat man dieselbe jetzt dahin verändert und verbessert, daß man nicht ein rundes Seil, sondern ein flaches Band von mehreren Zoll Breite, einen Gurt anwendet, sonst ist die Einrichtung die alte. Das Band läuft über zwei Rollen wie an einer Garnwinde, welche aufrecht steht. Die eine der Rollen taucht in das auszuschöpfende Wasser, die andere läuft so hoch, als man das Wasser heben will, über der ersten, und das Seil oder Band, naß gemacht in dem unteren Wasserbehälter, trägt beim Drehen der oberen Rolle das Wasser durch die Adhäsion empor. Oben angelangt, wird es durch eine Druckvorrichtung nicht nur des oberflächlich anhaftenden Wassers, sondern auch dessen entlastet, welches wie durch einen Schwamm von dem Bande aufgesogen war.

Man glaubt gar nicht, welche ungeheure Quantitäten Wasser diese Maschine emporschafft, vorausgesetzt daß sie schnell gedreht wird, denn geschieht es so langsam, daß das geschöpfte Wasser wieder abfließen kann, so bekommt man nicht sehr viel, im anderen Falle aber ist die Wirkung eine sehr bedeutende.

Wie sehr die Luft an den berührten Substanzen haftet, weiß ein Jeder, der nicht Tabackraucher ist (dies heißt allerdings die Erfahrung sehr beschränken und eigentlich auf das schöne Geschlecht allein zurückführen). Wenn einem Nichtraucher Jemand begegnet, der ein starker Raucher ist, so riecht er dies auf zehn Schritte, er kann in seiner Nähe kaum aushalten; ist er selbst einmal in einem Bierhause gewesen, so riechen ihm die Haare und die Kleider ein paar Tage, und wenn er sie etwa unvorsichtig in einen Kleiderschrank hängt, ein paar Wochen später noch darnach; hat ein Gast bei ihm eine Cigarre geraucht, so eilt er gewiß, die Fenster zu öffnen, wenn

Digitized by Google

der Gast fort ist, dennoch wird er — wenn er am folgenden Tage das Zimmer betritt — es noch sehr wohl riechen, daß hier geraucht worden — der Tabakraucher natürlich riecht dies nicht.

Aber die reine Luft, ohne Beimischung eines übelriechenden Stoffes, giebt sich demselben Organe kund. Jemand, der nach einem Sommerregen spazieren gegangen ist und nun in ein Zimmer tritt, verbreitet den Duft um sich, welchen man als „frisch" zu bezeichnen pflegt und welcher lediglich von der abhärirenden reinen Luft herrührt.

Capillarität.

In dieser bekannten und vielfach besprochenen und untersuchten Erscheinung haben wir nichts als eine eigenthümliche Art der Adhäsionswirkung. Der deutsche Name Haarröhrchen-Anziehung und der aus dem Italienischen aufgenommene Capillarität (capilli, die Haare) sagt eins und dasselbe, und ist gewählt worden, weil man an den sehr feinen Glasröhren, deren innerer hohler Raum so fein wie ein Haar ist, zuerst diese Erscheinung wahrnahm und studirte, wiewohl die Sache selbst da war und beobachtet werden konnte, lange bevor es Glas und Röhren daraus gab.

Wir haben gesehen, daß zwischen einem festen und einem flüssigen Körper die Adhäsion sich auf solche Art zeigt, daß die Flüssigkeit daran empor steigt. Oel, Wasser oder Weingeist in einem Metall-, Holz-, Glas- oder sonstigen Gefäß, das von diesen Substanzen benetzt wird, steht darin mit hohler Oberfläche, die Mitte der Flüssigkeit steht niedriger als die Ränder.

Verengert man das Gefäß, in welchem die Flüssigkeit steht, so wird die Erhebung an dem Rande um so stärker sein, je enger das Gefäß (welches zum Rohre wird) sich zusammenzieht. An metallenen Röhren sieht man dies nicht, darum wurde es erst mit der Erfindung der Glasröhren sichtbar und konnte also auch nicht früher besprochen werden; allein wenn die alten Gelehrten nur zu Versuchen geneigt gewesen wären, so hätten sie es auch ohne Glasröhren sehen müssen. Wenn man zwei durchsichtige Krystallblätter (zwei Platten von krystallisirtem Gyps) so an einander legt, daß sie stehen wie zwei Blätter eines geöffneten neu gebundenen Buches (eine Kante mit der nächsten in Berührung, die andere Kante entfernt von der benachbarten des zweiten Blattes, so daß sich zwischen beiden ein spitzer Winkel bildet) und man taucht diese beiden Krystallplatten so zusammengestellt tief in das Wasser, daß sie inwendig benetzt werden, stellt sie darauf aber in ein ganz flaches Gefäß, worin etwas von der Flüssigkeit enthalten ist, so steigt diese vor den Augen

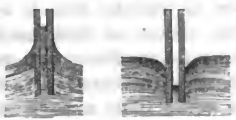
Digitized by Google

des Experimentators in dem Zwischenraum zwischen den beiden durchsichtigen Tafeln in die Höhe, und zwar um so höher, je enger sie an einander stehen; da wo die Ränder an einander stoßen, steht das Wasser am höchsten, je weiter davon, desto niedriger steht es, aber immer höher als das Wasser überhaupt in dem Gefäße steht.

Wir werden zu diesem Versuche begreiflich nicht zwei Gypskrystalle, sondern zwei Glastäfelchen nehmen, der vorige Fall wurde nur angeführt, um zu zeigen, daß man diese Erscheinung unabhängig von der Erfindung des Glases hätte sehen müssen, und daß es nicht nöthig gewesen wäre, auf Francesco Aggiunti (den Leibarzt des Herzogs von Toscana) zu warten, der, wie de le Lande sagt, der Erste gewesen, welcher von diesen Erscheinungen spricht (der Arzt starb 1635). Erst viel später aber wurde es in dieser Sache Licht, denn obschon im Jahre 1666 und 1675 darüber geschrieben wurde, so kamen doch so sonderbare Ansichten zum Vorschein, daß man staunen muß, wenn man sie hört und es waren bereits Naturforscher, welche sie äußerten als: „es ist ein gewisser Leim oder eine Leimigkeit (viscositas) in den Flüssigkeiten, vermöge deren sie an den Körpern haften", oder „die Lufttheile stoßen sich an der Oeffnung der engen Röhre und bilden eine Art von Gewölbe darüber, können nicht gehörig eindringen, daher im Innern eines Haarröhrchens kein so großer Druck vorhanden als auswendig, daher also die Flüssigkeit hinein getrieben wird", und ähnliche Thorheiten mehr.

Die ganze Reihe von Erscheinungen beruht einfach auf der Adhäsion, nur adhärirende Körper zeigen die Capillarität. Taucht man ein vorher benetztes Glasstäbchen in Wasser, so steigt augenblicklich und deutlich sichtbar Wasser daran in die Höhe, wie die Figur links zeigt (welche wir gar nicht als Röhre betrachten wollen); ob dieses Aufsteigen an dem Rande inwendig im Gefäße oder auswendig an demselben stattfindet, kann unmöglich einen Unterschied machen.

Fig. 420.



Bestreicht man nun dies Glasstäbchen mit Fett oder bepudert dasselbe mit Lycopodiumstaub, so wird es, in Wasser getaucht, die Erscheinung zeigen, welche die zweite Figur rechts giebt, das Wasser wird rundum eine Vertiefung bilden.

Verwandeln wir nun diese Stäbchen in Röhren, so zeigt dieselbe Figur wieder, was geschehen wird, in der ersten benetzbaren Röhre steht die

Digitized by Google

Flüssigkeit höher als die Ebene des Wassers ist, in der zweiten, nicht benetzbaren steht die Flüssigkeit in der Röhre unter dem Wasserspiegel.

Ganz dasselbe findet statt mit anderen Flüssigkeiten, die benetzen oder nicht benetzen, Oel, Weingeist ꝛc. zeigen die Erscheinung des ersten Röhrchens, Quecksilber die des zweiten; ist dagegen das Röhrchen von Zinn, so steht das Quecksilber innerhalb desselben gerade wie das Wasser in dem ersten.

Da hier das Grundphänomen vorliegt, so wollen wir dasselbe näher betrachten, vor allen Dingen muß aber bemerkt werden, daß bei diesen Versuchen die Glastafeln, Stäbchen oder Röhren immer ganz benetzt gewesen sein müssen, ehe man sie zu den Versuchen anwendet.

Taucht man eine beliebige Anzahl enger Röhrchen in Wasser, so wird dasselbe in einem jeden Röhrchen höher stehen, als das Wasser draußen steht, immer ist die Oberfläche im Innern concav, immer steht die Flüssigkeit in den Röhrchen um so höher, je enger dieselben sind, und wenn man sie sämmtlich aus der Flüssigkeit heraushebt, so bleibt in jeder derselben etwas von der Flüssigkeit hängen und zwar ein um so längeres Stück, als die Röhre enger ist.

Die Adhäsion bewirkt an der Glasröhre eine Anziehung der sie berührenden Flüssigkeitstheilchen, wodurch die Flüssigkeit eine concave Oberfläche erhält. Findet dies innerhalb einer Röhre statt, so fließen die Ränder in einander und bilden eine flachere Höhlung; in Folge dessen äußert die Adhäsion wieder ihre Wirkung und die Flüssigkeit steigt an den Wänden aufwärts, aber die Flüssigkeit fließt wieder in einander. Dieses Spiel der Anziehungskräfte, dem vermöge seines inneren Zusammenhanges das Wasser (die Flüssigkeit überhaupt) folgt, dauert so lange fort, bis die Säule der Flüssigkeit innerhalb der Röhre so schwer ist, daß sie der Adhäsionskraft das Gleichgewicht hält.

Wiederholt man das Experiment in Quecksilber, so steht dasselbe in den Röhren tiefer als auswendig, und zwar um so mehr, je feiner die Röhren sind, denn hier findet keine Adhäsion statt, es muß also das Gewicht des Quecksilbers zuvörderst den Widerstand überwinden, welchen das enge Rohr seinem Eindringen entgegensetzt. Dies Eindringen kann nur dadurch geschehen, daß die Cohäsion des Quecksilbers überwunden wird, dies ist um so schwieriger, je enger die Röhre ist, daher, um den Widerstand zu überwinden, der Druck der Quecksilbersäule höher sein muß.

Für beide Fälle, daß die Flüssigkeiten in der Röhre steigen oder daß sie darin zurückbleiben, verhält sich die Höhe des gefüllten oder des leer bleibenden Raumes umgekehrt, wie die Durchmesser der Röhre; in einer

Digitized by Google

doppelt so weiten Röhre steht die Flüssigkeit halb so hoch (oder sie wird nur halb so tief niedergedrückt). Von der Anziehung der Fläche gegen die Flüssigkeit hängt die Höhe des Standes ab, je mehr Fläche da ist, desto höher steht die Flüssigkeit, nun ist aber, je kleiner der Durchmesser eines Cylinders wird, desto mehr Fläche da, bis ein Spinnenfaden beinahe zu lauter Oberfläche wird, dergestalt daß also, wenn die Masse der in einer hohlen Röhre befindlichen Flüssigkeit durch ihr Anhaften (Adhäsion) an der inneren Oberfläche gehalten wird, dies Gehaltenwerden eine um so geringere Kraft fordert, je mehr Oberfläche da ist, d. h. je enger die Röhre ist.

Hat man schon unsinnige Behauptungen und Aufstellungen gemacht, um die Haarröhrchenkraft zu erklären, so hat man wohl noch unsinnigere Folgerungen gezogen, als man erst die Ursache erkannt hatte, man hat z. B. aus dieser die Quellen auf Bergen, ja überhaupt alle Quellen zu erklären gesucht. Durch die Haarröhrchen sollte die Feuchtigkeit aus den Tiefen, aus dem Meere, den Sümpfen, den Seen aufsteigen, sich da in Becken oder Höhlungen sammeln und aus diesen sich als sprudelnder Quell an das Tageslicht ergießen. Man hat denn nun berechnet, wie fein die Röhrchen sein müßten, um ein Ansteigen auf 10- bis 1200 Fuß zu veranlassen, es giebt aber Seen und Quellen, welche diese Seen speisen in 10- bis 12,000 Fuß, da werden diese Röhrchen (durch den ersten Keim zu einem Salzkrystall zu verstopfen) noch viel feiner sein müssen — der Unsinn ist zu groß, um widerlegt werden zu dürfen.

Andere Wirkungen aber übt die Capillarität wirklich aus und sie sind von nicht geringer Bedeutung. Ein Fluß benetzt den an sein Ufer grenzenden Sand oder die Erde in weitem Umkreise und mehrere Klafter hoch hinauf, deshalb ist in der Nähe der Flüsse und Seen in den Tropenländern die Vegetation in unbeschreiblicher Fülle und Kraft zu einer Zeit, in welcher sonst überall das Laub der Bäume wie Zunder zerfällt, man möchte beinahe sagen, von der tropischen Sonnengluth in Kohle verwandelt wird, deshalb aber sind auch Mauern aus feinporösem Gestein sehr der Feuchtigkeit ausgesetzt, dagegen solche aus grobkörnigem, wie Jurakalk, Tuffsteine, außerordentlich trocken sind, wenn sie auch auf feuchtem Boden stehen. Im Zunder, in der Kreide, im Schwamm steigt das Wasser fußhoch hinauf (obschon niemals darüber hinaus, wie man zur Unterstützung der Quellentheorie behauptet hat, ein Schüsselchen in ein Stück Kreide gehöhlt, solle sich mit Wasser füllen, wenn die Kreide selbst in Wasser gesetzt wird, welches aber nicht geschieht, weil gar kein Grund dazu vorhanden ist), ja dieses Aufsteigen wird in der häuslichen Technik zu sehr vielen Zwecken benutzt und schon deshalb ist es unbegreiflich, daß die Capillarität so viele Jahr-

Digitized by Google

tausende ununterbrochen in Thätigkeit, im Dienste des Menschen, doch nicht früher als vor ein paar hundert Jahren erkannt worden ist. Meine Leser werden kaum ahnen, wie alltäglich das Ding ist, was ich ihnen nennen will — ich meine den Lampendocht. So gut wie es zur Zeit des trojanischen Krieges schon Lampen gab, so gut sich die egyptischen gelehrten Priester der Lampen bedienten, so konnte doch wohl einem derselben einfallen, darüber nachzudenken, wie es denn wohl komme, daß das Oel in dem Docht über das Niveau der Flüssigkeit aufsteige. Daß der Arbeiter es natürlich findet, daß seine Lampe brennt, daß er darin gar nichts besonderes sieht, daß Talg, Wachs, Stearin seines Lichtes nicht brenne, bevor sie geschmolzen sind, dann aber im geschmolzenen Zustande den Docht benetzen, in diesem Aufsteigen und nun erst durch starke Erhitzung des obersten Theiles dieses Dochtes (wir nennen diese Operation „Licht anzünden") in Flamme geräth; dies wird Niemand in Verwunderung setzen, selbst vom Lichtzieher kann man es in der Regel nicht verlangen, daß aber die Priesterkaste des Alterthums so wenig dafür gethan hat als die des Mittelalters, in welchem sie der einzige Repräsentant und Bewahrer vorhandenen Wissens war, dies ist wunderbar genug.

Das Durchdringen unglasirter Thongefäße durch die Feuchtigkeit, das Filtriren durch Filz aus Wolle oder Leinen (der leinene Filz heißt Papier, auch wollener Filz wird in dieser Form gegeben, Filtrir-Löschpapier) sind Functionen der Capillarität, welche zu einer mechanischen Potenz werden kann, wie man an der Verkürzung der Seile durch Näße, wie man an dem Dickerwerden des Holzes eben dadurch sehen kann. Welche Gewalt hierin liegt, ahnt man nicht. Die colossalen Monolithen zu den Bauten in Petersburg sind auf solche Art von dem Muttergestein getrennt. Man bezeichnet die Länge und Dicke des Steines durch eine Rinne, welche sowohl oben als auf der Seite des Felsens, von dem er getrennt werden soll, durch den Meißel gezogen wird. In dieser Linie meißelt man Löcher aus, viereckig, von 8 bis 10 Zoll Tiefe; die Löcher werden mit trocknem Eichenholz, die lange Rinne, welche sie aber verbindet, wird mit Wasser gefüllt. So wie das Wasser die Holzfasern durchdringt, so wie es in feine Poren aufgenommen wird, schwellen dieselben an und dergestalt, daß sie den 80 Fuß langen und 9 Fuß dicken (also 81 Quadratfuß im Durchschnitt haltenden) Block von der Masse trennen und es nun nur noch der Arbeit des Fortschaffens bedarf.

Als Dominico Fontana im Jahre 1575 auf Befehl des Pabstes Sixtus V. den unzerstörten egyptischen Obelisk nach dem Petersplatze schaffte und aufstellte, erprobte sich die Gewalt der Capillarität auch auf

Digitized by Google

eine wunderbare Weise. Der Aufrichtung des Colosses zuzusehen, wollte der Pabst nicht wehren, um aber die Arbeit, deren Schwierigkeit ein Jeder einsah, nicht zu stören, verbot der Pabst bei Todesstrafe, ein Wort zu reden. Fontana hatte gute Maschinen construirt, doch auf die Dehnung der Seile nicht gerechnet, sich also verrechnet und wollte diesen Fehler mit dem Tode büßen, er stellte sich unter den noch nicht ganz aufgehobenen und nicht ferner zu hebenden Obelisk, damit derselbe ihn im Falle zermalme — da tönte mitten aus dem Volkshaufen und durch das lautlose Schweigen eine klar tönende Stimme hervor: benetzt die Stricke! Es geschah, die Stricke spannten sich, verkürzten sich und der Obelisk that die letzte Bewegung, um gerade zu stehen.

Der Pabst bot eine Million Scudi demjenigen, der die Worte gerufen hatte, jener mochte jedoch wohl seinen Mann kennen und meldete sich nicht, denn Sixtus V. hätte ihm wohl die Million auszahlen, aber auch ihn köpfen lassen.

Cohäsion.

Ist Adhäsion eine Kraft, welche sich schon in der sogenannten Berührung verschiedenartiger Körper äußert, so ist Cohäsion eine solche, die sich nur äußert zwischen den Theilen eines und desselben Körpers, so lange sie in demjenigen Zusammenhange sind, den wir mit etwas mehr Recht den vollkommener Berührung nennen, d. h. so lange die Gesammtheit der Theile solch eines Körpers ein Stück ausmacht. Wird dies eine Stück zerschnitten, zerrissen, zerbrochen, dann ist dasjenige, was wir Cohäsion nennen, bis auf die letzte Spur verschwunden und es ist unmöglich, die beiden Stücke in den vorigen Zustand zurück zu versetzen, die zwischen den Theilen aufgehobene Cohäsion wieder herbeizuführen. In der Adhäsion haben wir allerdings eine Annäherung an jenen Zustand, denn zwei Adhäsionsplatten von Glas, gut geschliffen und polirt und von 3 bis 4 Quadratzoll Flächeninhalt, haften mit einer gar nicht geringen Kraft an einander; allein reducire man diese Fläche auf den Durchschnitt eines Glasstabes von Finger- oder von Strohhalmdicke und versuche man nun, wie viel dazu gehört, um die beiden kleinen Adhäsionsplatten zu trennen und vergleiche man die Kraft, welche hierzu gehört, mit derjenigen Kraft, welche erforderlich, einen solchen Glasstab durch angehängte Gewichte zu zerreißen, so wird man sofort erfahren, welch ein Unterschied zwischen der Cohäsion und der Adhäsion stattfindet.

Ueber die Kraft, welche nöthig ist, um die Cohäsion zu überwinden, sind zu sehr verschiedenen Zeiten und von sehr verschiedenen Personen Ver-

Digitized by Google

suche gemacht. Hölzer, Metalle, Knochen, Horn, Gewebe, unter den Metallen sowohl geschmiedete als gewalzte, gezogene oder gegossene, sind mit Rücksicht auf ihren Zusammenhang geprüft worden, man hat Stücke von ganz gleicher Länge und gleichem Durchschnitt an ihrem einen Ende befestigt, an dem anderen Ende so stark mit Gewichten beschwert, bis der Zusammenhang aufgehoben wurde, bis sie zerrissen. Man sagte dann: ein Stück Silber von 4 Quadratlinien reißt bei 1150 Pfund, schwedisches Kupfer bei 1054 Pfund, englisches Zinn von gleichen Dimensionen bei 110 Pfund ꝛc. und man glaubte, dabei etwas zu haben, es war aber nicht viel, denn alle diese Substanzen strecken sich, bevor sie reißen, und wenn sie endlich reißen, so geschieht es bei einem ganz anderen Durchmesser oder Durchschnitt, als der ursprünglich angenommene war.

Man hat sich nun auf solche unvollkommene Versuche gestützt, zu allerlei Hypothesen verführen lassen, und da z. B. ein Silberdraht von einer Linie Durchmesser bei einer viel geringeren Last zerriß, als ein eben solcher Draht von zwei Linien Durchmesser, hat man gefolgert, was an sich ganz richtig scheint, es komme auf die Menge der Berührungspunkte an und ein Körper sei um so fester, habe um so viel mehr Cohäsion, je mehr solcher Berührungspunkte er in sich habe.

Nun hat aber Gold noch einmal so viel Masse oder Substanz bei gleicher Größe als Silber, und doch reißt Gold bei der Hälfte des Gewichtes als Silber von gleichem Durchmesser; nun hat Gold aber dreimal so viel Masse als Eisen bei gleichem Raumesinhalt, und doch reißt Gold bei einem Viertheil der Belastung wie das Eisen. Man sieht also, daß dies nicht paßt, ein Gesetz läßt sich nicht aufstellen, denn es existirt keins.

Nicht besser ist es mit den Ursachen der Cohäsion gegangen, da der Zusammenhang der Körper, ihre Festigkeit, ihre Härte ein so wichtiges Phänomen ist, daß man mit Recht sagen konnte, ohne ihr Vorhandensein würde die ganze Körperwelt ist ein unförmliches Chaos zusammenstürzen, so war begreiflich, wie man schon sehr früh angefangen hat, über den Zusammenhang der Körpertheile zu denken, oder wenigstens zu schwatzen ohne zu denken, denn so muß man die Erklärungsweise derjenigen bezeichnen, welche von einem gewissen Leim zwischen den körperlichen Theilen, oder von Häkchen und Oesen sprachen, vermöge deren sie zusammenhalten, denn die eigentliche Frage nach dem Zusammenhange ist damit gar nicht gelöst, ihr ist auch nicht um einen Schritt näher gerückt worden, im Gegentheile ist sie weiter hinausgeschoben, man muß jetzt fragen: wodurch halten denn die Theile der Häkchen oder Oesen und die Theile des Leimes zusammen?

Der berühmteste der alten französischen Philosophen, des Cartes,

Digitized by Google

erklärt den Zusammenhang der festen Theile der Körper für nichts weiter als für die Ruhe derselben und sagt, die Flüssigkeit, d. h. das Flüssigsein sei die Bewegung. Was ist das nun wieder? ein Spiel mit leeren Worten; welch eine Kraft gehört dazu, die Ruhe der Drahttheilchen, die an einander stoßen, zu bewegen und wie gering ist die Kraft, welche genügt, um den ganzen Draht zu bewegen? Ueberdies hängen auch flüssige Körper zusammen, ja sogar feste, während ihre Theile in heftiger Bewegung sind, z. B. schwingende Saiten, tönende Glocken.

Bernoulli nimmt an, die Theilchen der Körper würden durch den Druck einer auf sie wirkenden flüssigen Materie zusammengehalten, und erklärt die Luft für eine solche, da er aber sieht, daß die Cohäsion unter der Glocke der Luftpumpe um nichts geringer ist als außerhalb der Leere, d. h. in der Luft, so giebt er diesen undankbaren, leicht zugänglichen Körper auf und wählt einen anderen, dem man nicht so leicht beikommen kann, den Aether; ja er sieht den Zusammenhang der Körper sogar für einen Beweis des Daseins des Aethers an, wie der alte Gehler sehr ergötzlich erzählt. Dieser Aether ist eine sehr feine, elastische Materie, welche auf die Theile, die sich sehr genau berühren, zwischen denen sie also nicht eindringen kann, nur von außen wirkt und daher sie zusammendrückt. Er hat sich dies ungefähr so gedacht, wie der Druck auf die magdeburgischen Halbkugeln, bei denen es bekanntlich auch gar nicht darauf ankommt, daß sie wirklich Halbkugeln sind, sondern nur darauf, daß aus dem, wenn auch noch so schmalen Raum zwischen ihnen die Luft hinweg genommen werde, damit der Ueberschuß des Luftdruckes von außen über den von innen die beiden Theile zusammenhalte. Wenigstens drückt Bernoulli sich wörtlich so aus: habe der Körper viel Zwischenräume, so gestatte er dem Aether, in das Innere zu dringen und durch einen Gegendruck von innen heraus dem äußeren Druck des Aethers entgegen zu wirken und dadurch wird der Zusammenhang schwächer. Ist endlich der innere Druck gerade so stark als der äußere, so trennen sich die Theile des Körpers allgemein von einander, d. h. er wird flüssig. Winkler berechnet hieraus, daß die Elasticität des Aethers ungefähr 2000 Mal so groß sein müsse als die der Luft.

Es bleibt nun immer noch die Frage nach den Gründen der Elasticität des Aethers übrig, und was gewinnt man durch eine Erklärung, welche immer eine weitere neue Ursache voraussetzt. Es ist wohl besser, gerade heraus zu sagen, daß wir die Ursache des Zusammenhanges der Körper so wenig kennen als hundert andere Ursachen von hundert anderen Erscheinungen, und es ziemt sich daher bei Weitem besser, Thatsachen aufzusuchen

Digitized by Google

als Ursachen; sind der ersteren genug vorhanden, so finden sich die letzteren von selbst.

Die Cohäsion und die Wärme stehen in einem directen Gegensatz zu einander. Wenn man einen Clavierdraht von einer gewissen Stärke durch Gewichte zu zerreißen sucht, so kann man mittelst einer Spirituslampe schon eine solche Erwärmung hervorbringen, daß der Draht bei einem Viertel der Belastung reißt, ja ist der Draht so dünn, daß die Spiritusflamme ihn zum Glühen bringt, so genügt alsdann der zehnte und zwanzigste Theil der sonst nöthigen Belastung. Es versteht sich, daß die Kälte, d. h. die Verringerung der Temperatur, die Cohäsion erhöht; Wachs von + 20 Grad reißt viel leichter als Wachs von 0 Grad und noch schwerer Wachs von — 20 Grad; allerdings hat man mit einem spröden Material zu thun und muß sich vor dem Zerbrechen hüten, was bei — 20 Grad viel leichter ist als bei + 20, wo schon eine gewisse Erweichung eintritt.

Welch eine, die Cohäsion erhöhende Gewalt die Erniedrigung der Temperatur — auf Deutsch gesagt der Frost — hat, ist Jedem, der nur die geringste Neigung zum Beobachten hat, bekannt. Der Frost spannt Brücken über die Donau, welche nicht zusammenbrechen unter einer Colonne unglücklicher Soldaten, die zur Probe hinüber geschickt werden, wie über die Kettenbrücke bei Wien, der Frost spannt Brücken über die Elbe, auf denen die halbe preußische Armee sammt Kanonen und Haubitzen übersetzt, viel gefahrloser als über die schönste gewölbte oder hölzerne Brücke, der Frost macht aus der weichen Erde ein festes Gestein, auf welchem die Hacke Funken giebt und splittert, wenn der Todtengräber gezwungen hinein dringt; so sehen wir also eine Thatsache sich aufthun zur dereinstigen Erklärung, die nämlich, daß es Grade der Cohäsion bei demselben Körper giebt und daß diese von der Temperatur abhängig sind.

Bei flüssigen Körpern hat man die Bemerkung gemacht, daß die Oberflächen derselben eine höhere Cohäsion haben als das Innere. Wenn man eine Nähnadel von ein paar Gran (die Versuche sind mit Nadeln von drei Gran gemacht worden, lassen sich jedoch, wenn die Nadeln sehr lang sind, — Stricknadeln — viel weiter ausdehnen) in ein Glas Wasser bringt, so sinkt sie darin unter, denn das Eisen ist mehr als sieben Mal so schwer als Wasser. Wenn man jedoch dieselbe Nadel gut getrocknet flach auf die Wasserfläche legt, so bleibt sie auf derselben liegen, es gehört auch gar keine so große Geschicklichkeit dazu, denn der Verfasser hat zugesehen, wie Kinder, welche davon hörten, das Experiment mit Erfolg gemacht haben.

Hier hält dennoch die Oberflächenkraft einen Druck aus, der sieben Mal die eigene Schwere übertrifft. Wird aus der Nadel eine Platte, so

Digitized by Google

geht die Tragfähigkeit der Oberfläche weit über die gedachten engen Grenzen hinaus, eine Tafel von sehr dünnem Blech, einen Quadratfuß groß, nur sehr gerade gespannt, schwimmt so gut wie eine Nähnadel, man sieht dabei sehr deutlich die Tafel vertieft, unterhalb des Wassers liegen, welches rundum in einem ¹/₁₀ Zoll hohen convexen Rande darüber hervorsteht. So wie irgendwo das Wasser einen Canal findet, durch welchen es sich auf die Platte ergießen kann, so sinkt diese unter; man kann dies jedoch sehr wohl dadurch verhindern, daß man den Rand mit etwas Fettigem überwischt, es braucht nicht Talg in sichtbarer Menge darauf zu stehen, die leichteste Befettung ist genügend, es soll nur das Benetzen durch Wasser verhindert werden, geschieht dies, so gelingt bei einiger Behutsamkeit im Operiren das Experiment jederzeit.

Es scheint beinahe, als lasse sich dies auch auf feste Körper ausdehnen, man bemerkt nämlich, daß sie bei gleicher Masse mehr tragen, wenn die Oberfläche größer, als wenn sie kleiner ist. Ein längst feststehender Satz nämlich, auf den die Erfahrung geführt hat, ist, daß ein hohler Balken mehr trägt als ein compacter von gleicher Masse, daß ein hohler Cylinder mehr trägt als eine massive Stange von gleicher Menge der Substanz.

Um nicht mißverstanden zu werden, wollen wir zwei Beispiele anführen. Man nehme acht sehr dünne und schmale Brettchen, jedes ¹/₄ Zoll breit und ¹/₁₀ Zoll dick, alle haben auch gleiche Länge; vier dieser Brettchen leime man flach zusammen, so daß man ein Stäbchen von ¹/₂ Zoll Dicke bekommt, vier andere leime man so zusammen, daß daraus ein dickeres Stäbchen entsteht, welches hohl ist, d. h. beinahe ¹/₂ Zoll Quadrat inneren leeren Raum hat, indem nur die Kanten an einander geleimt sind (allerdings muß dies sehr sorgfältig geschehen). Nun belaste man beide Stäbchen aufrecht stehend von oben her und man wird finden, daß der compacte Körper sich bei dem dritten Theile des Gewichts schon biegt, den der hohle Körper aushält; sind die Stäbchen einen Fuß lang, so kann ein Jeder dies Experiment mit geringen Kräften machen, sind sie etwa nur einen Zoll lang, so gehören allerdings schon Centner dazu, sie zusammenzudrücken.

Noch viel leichter ist das Experiment mit einem halben Bogen Schreibpapier gemacht. Rollt man diesen querüber zusammen, so daß man einen Cylinder von 1¹/₄ Zoll Dicke bekommt (wobei das Blatt vielleicht dreimal über einander liegt), so wird dieser Cylinder ein Buch von ein paar Pfund Gewicht tragen, wenn man nur durch einen an einigen Stellen umgeknüpften Faden Zwirn, dafür sorgt, daß das Blatt sich nicht aufwickele.

Rollt man denselben Bogen Papier über ein feines Bleistift und bringt

Digitized by Google

man ihn durch Drehen nach und nach so weit, daß der hohle Raum beinahe ganz verschwindet, so hat man eben so viel Masse wie vorher, und der Papierstab besteht aus zwanzig Umwickelungen, nicht aus drei; doch kann man hierauf nicht ½ Pfund setzen, ohne daß es knickt, indeß der weite Cylinder mehrere Pfund zu tragen im Stande war.

Die Technik macht hiervon häufig Gebrauch, um Stangen und Balken oder Stützen, welche eine bedeutende Tragkraft haben und doch nicht schwer sein sollen, darnach zu formen; man gießt sie aus Eisen hohl, man macht sie nicht massiv, sondern tief gerippt, so daß die Rippen tragen und die sehr dünn gegossene Füllung nur dient, die Rippen in einer bestimmten Lage gegen einander zu halten; die Natur macht hiervon überall Gebrauch, wo sie Widerstand leistende Kraft mit Leichtigkeit verbinden will. Die Stengel der Kletterpflanzen, der Lianen, der Rohrpalmen, welche 400 Fuß weit an den Bäumen empor und von Gipfel zu Gipfel steigen, sind nicht hohl, denn sie brauchen keine innere Tragkraft, sie hängen mit ihren Wurzelgefäßen an den Stämmen der Bäume fest, aber das Bambusrohr, 100 Fuß lang, das italienische Arundo Donax, 40 Fuß lang, unser Schilfrohr, 16 bis 18 Fuß lang, unser Weizen- und Roggenhalm, 5 bis 7 Fuß lang, sind hohl, und der Sturm soll noch erscheinen, der das schlanke Schilfrohr oder das verhältnißmäßig eben so schlanke Bambusrohr niederbricht, indessen unsere Eichen und Fichten oder die tropischen Palmen und Mahagonibäume den Stürmen erliegen.

Die Knochen der Fische, welche ganz durch ihr Element getragen werden, sind nicht hohl, die Knochen der Vierfüßler, welche zur Stütze dienen, sind hohl, die der Vögel aber, welche darauf angewiesen sind, ohne alle Unterlage, vermöge des Widerstandes ihrer ausgebreiteten Flügelknochen und Federn auf der Luft zu ruhen, diese also stark zusammendrücken müssen, sind dergestalt hohl, daß man sagen möchte, sie bestünden aus lauter Oberfläche und gerade diese Knochen sind die stärksten.

Nach welchen Gesetzen die Cohäsion innerhalb der verschiedenen Substanzen geht, ist auch noch nicht ermittelt, wenigstens noch in kein System gebracht. Man hat geglaubt, Eisen und Stahl müßten die größte Cohäsion haben, es ist dies durchaus nicht der Fall, die Legirungen aus Kupfer und Zinn, zwei weiche Metalle, geben viel festere Körper. Als man den großen Block, auf welchem die Statue Peters des Großen errichtet werden sollte, durch vieler tausend Menschen Hände bewegte, konnte dies natürlich nur auf einer vorher dazu gebauten Bahn und auf Rollen geschehen. Hölzerne Rollen wurden sehr bald zerquetscht, gußeiserne gingen sogleich in Stücke, geschmiedete Rollen von schwedischem Eisen hielten die gewaltige Probe nicht

Digitized by Google

aus, da kam man darauf, ein Dutzend Kanonen eben abzudrehen, und siehe, diese hielten aus, trugen die Last vollkommen, ohne zu biegen, ohne zu reißen, ohne flach gequetscht zu werden.

Mit der Cohäsion steht das im innigsten Zusammenhange, was man Festigkeit nennt.

Diese nach drei Seiten hin betrachtet, hat einen großen practischen Werth. Von der ersten Seite, wie viel Kraft dazu gehört, einen Stab, einen Balken, einen Draht zu zerreißen, kann hier in der Weitläuftigkeit, welche für ein rein der Technik des Baumeisters oder des Maschinisten gewidmetes Werk nöthig wäre, nicht gesprochen werden, es genügt zu wissen, daß die Kraft, welche erforderlich, um Metalle zu zerreißen, eine sehr große ist; um ein Stäbchen von ¼ Zoll Seite zu zerreißen, braucht man, wenn es von schwedischem gehämmerten Eisen ist, 4500 Pfund, von englischem 3400 Pfund, von Gußstahl 8400 Pfund, dies erklärt die außerordentliche Tragfähigkeit der Hänge-, der Ketten- oder Drahtbrücken. Man nennt dies die absolute Festigkeit.

Ihr gegenüber steht die rückwirkende Festigkeit, d. h. diejenige, welche nicht dem Zerreißen, sondern dem Zerdrücken Widerstand leistet; bei Versuchen über die rückwirkende Festigkeit legt man Gewichte auf den Körper.

Auch hier ist es vorzugsweise der Baumeister, welcher aus den Untersuchungen Nutzen zieht, denn es fragt sich, wie viel kann ich einer eisernen, hölzernen, steinernen Säule aufpacken, ehe das Material durch den Druck leidet? Wie groß und stark muß ich die vier Pfeiler machen, welche den 300 Fuß hohen Thurm tragen, da er auf zwei Seiten durch mächtige Thore, auf zwei anderen durch eben so große Fenster durchbrochen ist. Es handelt sich darum, wie stark die eisernen Säulen sein müssen, auf denen das neu zu bauende Haus von fünf Stockwerken stehen soll, da doch die Mode nicht gestattet, daß zwischen den Schaufenstern der Laden angemessene breite Pfeiler stehen. Nun, man hat den Trost, daß, um einen Block von einem Kubikfuß aus Gneus, aus Sandstein, aus gutem Ziegelstein zu zerdrücken, bei dem ersten mit 700,000 Pfund, bei dem zweiten mit 350,000 Pfund und beim Ziegelstein doch noch mit 150,000 Pfund vorgegangen werden muß.

Diese enormen Zahlen machen begreiflich, wie es kommt, daß die unterste Reihe der Ziegelsteine unter der Last des Marienthurmes in München von 320 Fuß Höhe (wenn ich nicht irre) nicht zu Pulver zermahlen wird, sie könnten genau das Sechsfache tragen. Dennoch ist es gerechtfertigt, das beste Material zum Unterbau zu nehmen, und darum nimmt man in Sachsen meistentheils Granit, im preußischen Herzogthum Sachsen Porphyr und in

Digitized by Google

Schwaben Sandstein dazu, in der Mark und im nördlichen Preußen hat man einen so trefflichen Thon und brennt so unverwüstliche Ziegel, daß man sowohl die Kellergewölbe und die unter Wasser stehenden Brückenpfeiler als die verzierte und gothisch durchbrochene Arbeit an den Giebeln der Thürme einer Kirche daraus bildet, und sie ohne Anstrich, noch weniger durch einen Bewurf geschützt, der Witterung oder dem Einflusse des erweichenden Wassers und des zertrümmernden Eises aussetzt, ohne daß irgend wie ein Schaden daran geschieht, was man dem schönsten Quadersandstein nicht nachrühmen kann. Die hieraus gebildeten architektonischen Verzierungen des Berliner Schlosses, des Zeughauses, kaum 100 Jahre alt, fordern eine gründliche Reparatur, indem die Witterung dergestalt daran genagt hat, daß sie zerbröckeln.

Die künstlichen Verzierungen der Neubauten aus gebranntem Thon zeigen seit 30 und 50 Jahren noch keine Spur von Veränderung, ja die 400 und 500 Jahre alten in Stendal, Tangermünde, Marienburg, sind noch unverletzt.

Da der Gegenstand von großer practischer Wichtigkeit ist, so haben so berühmte Gelehrte, wie Euler und Musschenbroeck, ihn untersucht, und der preußische Oberlandbaumeister Eytelwein hat sowohl die Versuche dieser Männer benutzt, als neue hinzugefügt und in ein System gebracht, wodurch man nunmehr von den wichtigsten Materialien weiß, wie viel eine Säule von gegebenem Durchmesser und gewisser Höhe trägt, ohne sich zu biegen, wie hoch eine Säule gemacht werden darf, ohne durch ihr eigenes Gewicht gekrümmt zu werden, und endlich welches Gewicht ein Körper (von cubischer Gestalt) tragen kann, bevor er zerdrückt wird.

Es liegt auf der Hand, daß die Größe des Querschnittes, so wie die Höhe die wichtigsten Punkte bei den Untersuchungen sind, und daß ein Körper desto mehr tragen wird, je größer sein Querschnitt ist und desto weniger, je höher er ist. Diese beiden Factoren in eine dem Gegenstande angemessene Ausgleichung zu bringen, ist nun Sache des Technikers und von seiner Geschicklichkeit hängt oft das Leben von Hunderten von Menschen ab. Setzen wir — wie dies in großen Städten sehr häufig geschieht — den Fall, ein großes Gebäude solle gestützt werden, weil man die meisten der Pfeiler, auf denen das Haus ruht, wegnehmen und durch eiserne Säulen ersetzen will, indem Läden im Parterre eingerichtet werden sollen; beim Neubau hat dies keine Schwierigkeit, wenn das ganze Haus aber seit einem Jahrhundert fertig und bewohnt ist, so ist die Sache niemals ohne Gefahr. Man stellt schräge Balken unter die Fensterpfeiler der oberen Geschosse, legt tüchtige Klötze so oben als unten vor und sucht nun durch Keile die

Digitized by Google

Streben dergestalt anzutreiben, daß sie das Haus — und wäre es auch nur um ¼ Zoll — heben.

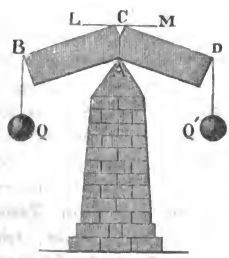
Nun werden die Pfeiler weggebrochen und das Haus schwebt frei in der Luft, oben wohnen in drei Stockwerken 50 bis 60 Personen, unter dieser ungeheuren Last, das Damoklesschwert über ihrem Haupte, arbeiten eben so viele Leute, um der Gefahr dadurch einigermaßen zu begegnen, daß man das Werk in so kurzer Zeit vollendet, als nur irgend möglich.

Nun denke man sich den Fall, der Baumeister habe die rückwirkende Festigkeit der Balken überschätzt und sie beginnen sich zu biegen, oder es giebt der Boden an einer einzigen Stelle dem Drucke der ungeheuren Last nach, so ist die unausbleibliche Folge das Zusammenstürzen des Hauses und der schrecklichste Tod der Bewohner und Arbeiter, der Tod durch Verstümmelung und Zermalmung.

Relative Festigkeit.

So wird derjenige Widerstand bezeichnet, den ein Körper dem Zerbrechen gegenüberstellt, d. h. dem dritten, noch nicht betrachteten Falle, wo das prüfende Gewicht senkrecht auf die Längenrichtung wirkt. Hängt man eine Waage an einem starken Haken, so befindet sich der Balken horizontal und die Gewichte in den daranhängenden Schalen ziehen vertical. Legt man nun so viele Gewichte hinein (auf beiden Seiten natürlich gleich), bis der Waagebalken sich biegt, so hat man dessen relative Festigkeit überwunden.

Fig. 421.



Dies ist einer von den verschiedenen Fällen der relativen Festigkeit, er ist in Fig. 421 vorgestellt.

Auf einer festen Unterlage A ruht der Balken BD, an ihm hängen die Gewichte QQ, sie werden so lange vermehrt, bis man eine Biegung wahrnimmt; hier beginnt die relative Festigkeit bereits eine Störung zu erleiden, so weit darf man also einen Balken bei der practischen Anwendung niemals belasten.

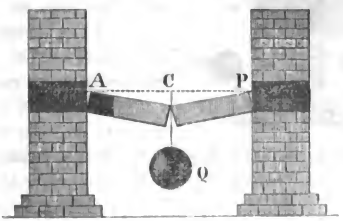
Steigen die Gewichte noch weiter, hängt man noch größere Lasten an, so entsteht bei C ein Riß CA und der Theil MD des Balkens fällt auf die eine, der Theil LB auf die andere Seite und man hat somit die relative Festigkeit des Körpers überwunden.

Digitized by Google

Der umgekehrte Fall tritt ein, wenn der Körper auf beiden Seiten gestützt ist und die Gewichte in der Mitte wirken.

Die Fig. 422 zeigt eine solche Anordnung, doch ist dabei zweierlei wesentlich zu unterscheiden, ob nämlich die beiden Enden des Balkens be-

Fig. 422.



festigt sind (z. B. eingemauert, wie die Fig. 422 zeigt), so daß sie beim Zerbrechen nicht aufsteigen können, sondern durch Verklammerung oder Gemäuer oder sonst auf irgend eine Weise zurückgehalten, selbst nach dem Bruch noch in ihrer ursprünglichen Lage bleiben oder ob die Enden frei liegen; dies bedingt einen außerordentlichen Unterschied. Ein Stab auf zwei Tische gelegt, so daß er auf einem jeden einen Fuß weit liegt, in der Mitte mit Gewichten beschwert, wird sich bald krümmen, die beiden Enden, welche auf dem Tische liegen, werden sich heben, die Mitte wird sich senken.

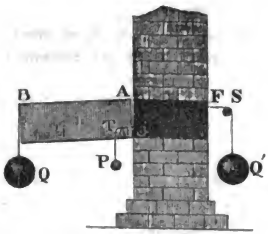
Beschwert man die beiden Enden so stark, daß sie sich nicht heben können, so wird sich unter dem nämlichen Gewicht, welches früher den Stab bog, eben dieser Stab nun nicht mehr biegen. Handelt es sich also darum, durch Balken große Lasten tragen zu lassen, so ist es wesentlich, ihnen breite Unterlagen zu geben und sie dort, wo sie aufliegen, so zu belasten, daß sie nicht weichen können.

Tritt der Fall ein, welchen die Fig. 422 bezeichnet, ging der Balken AP durch die beiden Mauern gerade hindurch, so daß seine Mitte bei C war und wurde diese durch das Gewicht Q belastet, so ist allerdings auch hier ein Bruch möglich, er wird aber ein dreifacher sein und deshalb eine viel größere Kraft erfordern, die beiden Balkenstücke bleiben in der Mauer und dicht daneben, so wie an der Stelle, wo die Belastung wirkt, bricht der Balken, so daß er in vier Theile mit den Bruchstellen zerfällt. Die Kraft, welche hierzu erforderlich, ist acht Mal so groß, als wenn die beiden Enden frei auflägen.

Wenn der Balken an einem Ende befestigt ist, wie Fig. 423 zeigt, so

Digitized by Google

Fig. 423.



wie er gebraucht werden wird, um Balkons darauf zu legen, so wie man frei schwebende Logenreihen in den Theatern baut, so treten abermals zwei Fälle ein. Entweder er reicht nur gerade durch die Mauerdicke, alsdann muß die Belastung enorm sein oder er reicht weiter, so daß er außerhalb der Gegend, wo er tragen soll, *A B*, auch noch bei *F* eine Verlängerung hat, was hier durch ein Aequivalent ausgedrückt worden, nämlich durch eine Rolle *S*, welche ihn rückwärts zu ziehen oder zu halten gestattet und durch ein Gewicht *Q*, welches dieses Halten verrichtet.

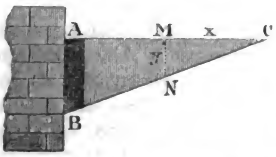
Bei *B* ist nun die eigentliche Last angebracht, welche der Balken tragen soll. Belastet man diese Stelle bis zum Brechen, so findet der Bruch bei *A* senkrecht über dem Unterstützungspunkte statt. Ist aber die Last gleichmäßig über die ganze Länge des freien Balkentheiles verbreitet, so findet der Bruch bei dieser Belastung noch lange nicht statt; bei einer solchen Vertheilung bedarf man eines doppelten Gewichtes, um den Bruch herbeizuführen. Dies ist der Grund mancher Unglücksfälle in alten Theatern. Jetzt baut man wohl so, daß ein Zusammenbrechen unter der Last der Zuschauer nicht möglich ist (und es ist schwer zu begreifen, daß es jemals möglich war, es müssen die damaligen Baumeister ganz unverantwortlich nachlässig und leichtsinnig oder kenntnißlos gewesen sein); allein früher mochte man wohl nur daran gedacht haben, die Balkons so stark zu bauen, daß sie die auf die ganze Tiefe vertheilte Last zu tragen vermochten; jetzt tritt aber der Fall ein, daß im Parterre irgend eine Unordnung vorgeht, ein Wortwechsel oder Aehnliches, was die Neugier der Leute erregt, alsbald biegen sich Alle über die Ballustrade, die Zuschauer aus der zweiten Reihe rücken vor, die aus der dritten und vierten treten den ersten beinahe auf die Fersen, die ganze Last ist auf den äußersten Punkt *B* geschoben, unter dieser bricht ein Balken und ist dies geschehen, so folgen die anderen alsbald nach. Auf solche Art sind wiederholt die furchtbarsten Unglücksfälle geschehen.

Jetzt nimmt man mehr Rücksicht auf das Leben und die Gesundheit der Leute und baut so stark, daß dergleichen nicht mehr begegnen kann. Wenn der Baumeister Gontard einen der Thürme auf dem Gensdarmenmarkt zu Berlin, in lauter Kühnheit aufgelöst, so schwach fundamentirte,

Digitized by Google

daß, als er so eben fertig, er in sich selbst zusammenstürzte, so legt dagegen Schinkel einen ganzen Wald von Kiefernstämmen unter das Museum zu Berlin oder unter die Pfeiler der Schloßbrücke, so daß an ein Weichen der Unterlage nicht mehr zu denken ist. Wenn eine Logenreihe zu bauen ist und es haben die frei hinausragenden Balken von A bis B der Fig. 423 eine Länge von 10 Fuß, so erstreckt man sie nach inwendig durch die Mauer und hinter dieselbe zurück auf 20 und 25 Fuß und sucht sich die kernigsten, gesundesten Balken aus, damit nicht Derartiges geschehen könne, ja man unterstützt sie wohl noch durch leichte Säulen oder durch Kragsteine, um sogar der Möglichkeit eines Unfalles zuvorzukommen.

Fig. 424.



Dies führt auf die einfachste Art des Kragsteines, auf das Abschrägen des Balkens (s. Fig. 424). AC ist die Länge desselben, AB die Höhe; von der obersten Spitze C nach B schneidet man den Balken schräg ab, dieser Schnitt giebt ihm eine bedeutend erhöhte Tragkraft. Die Last bei M drückt weder in der Richtung N abwärts, noch in der Richtung x vorwärts, sondern in einer Weise, als ob jedesmal von dem Punkte B eine Unterstützungslinie By nach der Last M gezogen wäre.

Schwere.

Alle Körper auf der Erde, sobald sie frei, nicht irgendwie befestigt, gebunden, getragen sind, alle Körper haben das Bestreben zu fallen, und sie beschreiben dabei, wenn nicht andere Kräfte auf sie wirken, stets eine gerade Linie, welche wir die Lothlinie, die Verticallinie nennen und deren Richtung genau senkrecht auf die Richtung einer Wasserfläche ist. Hängt man einen Körper an einen Faden, so bezeichnet der gespannte Faden den Weg, den der Körper gefallen sein würde, und schneidet man den Faden durch, setzt er seinen Weg genau in der Richtung der Verlängerung des gespannten Fadens fort. Es ist dies auf der ganzen Erde so, es giebt keinen Punkt derselben, wo diese Bedingungen nicht stattfänden beim Falle eines Körpers, und daraus geht hervor, daß alle die Lothlinien sich im Mittelpunkte der Erde schneiden müßten, wenn die Erde eine vollkommene Kugel wäre. Dies ist sie nun nicht, allein die Lothlinien stehen dennoch überall senkrecht auf eine Wasserfläche, denn alles dasjenige, was Einfluß hat auf Veränderung der Richtung des fallenden Körpers, hat auch Einfluß

Digitized by Google

auf die Lage der Wasserfläche, daher in dem Verhältniß der beiden Linien, der horizontalen und der verticalen, sich nichts ändern kann.

Daraus geht aber auch zugleich hervor, daß die Richtungen der Schwere keineswegs nach dem Mittelpunkte des Erdkörpers gehen, sondern im Innern, in der Gegend des Mittelpunktes einen Raum beschreiben, in welchem sie alle zusammenkommen. Diesen Raum nennt man den Mittelpunkt der Schwere, den barocentrischen Kern und auf ihn beziehen sich alle Lothlinien.

Wenn dies ist — sagen diejenigen, die gern Einwendungen machen — so kann man ja niemals zwei Mauern parallel aufführen, sie müssen oben weiter aus einander stehen wie unten, und müssen demnach aus einander fallen.

Das Erstere ist ganz richtig. Da man die Mauern nach dem Lothe aufführt, mögen sich nun die Lothlinien im Mittelpunkte oder im Kern der Schwere schneiden, so gehen sie desto weiter aus einander, je mehr die Linien oder die darnach ausgeführten Mauern sich von der Erdoberfläche entfernen und stehen zwei Mauern unten 20 Fuß aus einander, so werden sie oben 30—40 Fuß aus einander stehen und es läßt sich mit mathematischer Schärfe nachweisen, wo dies stattfinden wird, nämlich wenn die Mauern 850 Meilen hoch sein werden. Da es nun bei uns nicht gebräuchlich ist, so hohe Mauern aufzuführen, ja nicht gebräuchlich, nur Mauern von dem 42,500sten Theil der Höhe, nämlich von 500 Fuß aufzuführen, so wird man auch nicht eine Abweichung finden, welche einem solchen Theile der 20 Fuß entsprechen, dieses würde bei 500 Fuß hohen Mauern ungefähr ½ Zoll betragen, um welche die ganz lothrecht gestellten Mauern oben weiter aus einander ständen, als am Fuße eines solchen Thurmes.

Wen aber auch diese geringfügige Erweiterung ängstlich um sein Leben macht und wer da fürchten sollte, ein so gebautes Haus könne ihm einmal über dem Kopfe zusammenfallen, dem sei gesagt, daß die Unvollkommenheit unserer Arbeit bei Weitem größere Abweichungen herbeiführt als die gedachten, und daß, je genauer die Mauern nach derjenigen Richtung gebaut werden, welche das Loth vorschreibt, um so fester stehen. Gar nicht zu läugnen ist, wie aus der Natur der Form unserer Erde hervorgeht, daß eine Mauer in Quito aufgeführt, und eine Mauer auf der Guineaküste in Afrika, oder eine solche in Philadelphia und in Neapel, gegen einander stehen, wie die Blätter eines halb aufgeschlagenen Buches, wollte man aber in Neapel ein Haus aufführen, dessen Wände parallel mit denen eines Hauses in New-York wären, so müßten die Wände des neapolitanischen

Digitized by Google

liegen, das Haus in New-York ist wie ein aufrechtstehender Secretär, das in Neapel wie ein solcher, der auf der Rückwand liegt; die Linie, welche der verticalen in New-York parallel ist, diese Linie ist in Neapel und dem ganzen mittleren Europa horizontal, es ergiebt sich hieraus von selbst, daß auf solche Weise nicht gebaut werden könne.

Das Bestreben der Körper, gegen den Mittelraum der Erde zu fallen, ist ein ununterbrochenes, in keinem Augenblicke hört dasselbe auf. Wenn ein Körper gestützt ist, so drückt er immerfort auf seine Unterlage, wenn ein Körper an einem Faden hängt, an einem Seile, so zieht er unaufhörlich an demselben, es ist eine stets sich gleich bleibende Kraft für jeden einzelnen Körper nöthig, um denselben schwebend zu erhalten, ist diese Kraft nicht vorhanden, so drückt der schwere Körper den Tisch zusammen, so zerreißt er das Seil und der frei gewordene Körper folgt den Gesetzen des freien Falles, von dem wir sogleich sprechen werden.

Die Schwere beruht in der Anziehung zweier Körper auf einander, die Anziehung der Erde als des größten der uns zunächst liegenden Körper ist jedoch so überwiegend, daß die Anziehung der anderen unter einander so geringfügig erscheint, daß sie sich der Wahrnehmung entzieht, daß sie da ist, daß alle Körper gegen einander nicht bloß gegen die Erde schwer sind, ist aber nicht nur folgerichtig, wahrscheinlich, denkbar, sondern es ist durch Experimente vollständig erwiesen.

Die beiden englischen Mathematiker, Maskelyne und Hutton, wollten die geographische Breite zweier Orte in Schottland bestimmen, und es fand sich ihre Entfernung in Graden, Minuten, auf dem Quadranten ausgedrückt, durch das Bleiloth am Himmel aufgesucht, viel größer als sie in Meilen auf der Erde gemessen befunden ward. Das Mittel, solche Messungen zu veranstalten, ist, daß man von jedem der beiden Orte aus einen Stern, der im Zenith des Ortes steht, beobachtet und dann fragt (oder mißt), um wie viel diese beiden Sterne aus einander stehen, in Theilen eines Kreises, also in Graden und Minuten. Man hat allerdings einfachere und bessere Methoden, allein der Verfasser wählt diese zu seiner Darstellung, weil sie die anschaulichste ist.

Ein Bleiloth von einem beliebigen Orte aufwärts verlängert, bis ein Stern am Himmel davon getroffen wird, und ein anderes Bleiloth von einem anderen Orte eben so verlängert, bilden einen Winkel mit einander, dieser Winkel wird gemessen, indem da, wo die Linien zusammenkommen (im Mittelpunkt der Erde), ein Zirkelfuß eingesetzt und mit dem anderen beliebig weit davonstehenden ein Bogen geschlagen wird. Fig. 425 (S. 80) zeigt solch einen Bogen. *R* ist der Mittelpunkt, die beiden geraden

Digitized by Google

Fig. 425.

Linien ſind die Radien eines Kreiſes und die abgetheilten Stücke umſchließen einen Quadranten. Iſt die Linie von *H* bis zum Umfange einen Zoll lang, ſo ſind ſolche Abtheilungen von je 10 Grad eine Linie lang; iſt die Länge der geraden Linien 818 Meilen, ſo nennt man ſie einen Erdhalbmeſſer und dann ſind die Abtheilungen 150 Meilen lang; iſt die Linie aber ein paar tauſend Sternweiten lang, d. h. reicht ſie bis an den geſtirnten Himmel, ſo läßt ſich in Meilen die Größe ſolch einer Abtheilung von 10 Graden gar nicht mehr ausdrücken — allein wie groß oder wie klein — ſo wie hier auf dem Papiere oder wie droben am Himmelsgewölbe, Grade bleiben es immer und weil dies ſo iſt, darum iſt der Punkt, welchen die ſenkrechte Linie dieſer Figur in dem Kreiſe trifft, von dem Punkt, den die wagerechte trifft, gerade ſo 90 Grad entfernt wie Philadelphia von Neapel, oder wie das Sternbild die Wage von dem Sternbild des Steinbocks, und weil dieſes gleich iſt, ſo kann man die Entfernung zweier Punkte von der Erde in Graden höchſt genau meſſen durch die Entfernung zweier, jenen entſprechenden Punkten am Himmel.

Die gedachten Gelehrten hatten dies gethan, und ſie fanden zu ihrer nicht geringen Verwunderung eine viel größere Zahl, als bei der an ſich geringen Entfernung möglich war. Ein Beobachtungsfehler lag dieſer Unregelmäßigkeit nicht zum Grunde, dies hätte ſich bei der Wiederholung, die oft genug vorgenommen wurde, um hinter der Urſache zu kommen, herausſtellen müſſen — was war es denn?

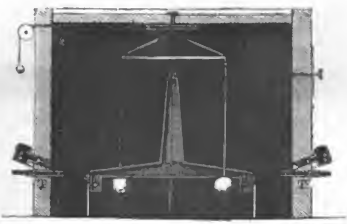
Zwiſchen den beiden Orten befindet ſich ein durchaus nicht ſehr großer, wohl aber ganz iſolirter Berg, der Shehallien, dieſer wirkte auf das Bleiloth. Standen die Beobachter ſüdlich von demſelben, ſo wurde das Loth etwas nördlich gezogen, ſtanden ſie nördlich von dem Berge, ſo zog er das Loth nach Süden, verfolgte man nun die Richtung der Fäden, ſo trafen ſie auf ganz andere Sterne, als ohne dieſes Hinderniß ſie hätten treffen müſſen, der Berg lenkte das Loth ab, er zog es aus der Normalrichtung zu ſich an.

Hier lag demnach ein Beweis von der Anziehung zwiſchen Körpern, welche viel kleiner als die Erde, es gelang jedoch, dies noch viel deutlicher zu machen, die Anziehung durch Experimente noch bei Weitem anſchaulicher darzuſtellen und man wählte dazu folgendes Verfahren.

Digitized by Google

Wir sehen ein Zimmer, welches lediglich zur Aufnahme eines einzigen Apparats bestimmt ist, der in der Mitte steht, und (wie die Fig. 426 zeigt)

Fig. 426.



von außen regiert werden kann. Ein Kasten aus sehr dünnen Brettchen gemacht, steht in der Mitte auf drei Füßen. Er ist etwas über 6 Fuß lang, einige Zoll hoch und hat in der Mitte ein aufrecht stehendes Rohr, wie ein Schornstein. Von dem Gipfel dieser Erhöhung hängt ein feiner ungedrehter Seidenfaden herab, an welchem unten in dem langen Theile des Gehäuses ein aus Fournieren hohl zusammengeleimter Stab hängt, der an beiden Enden Kugeln von Blei trägt.

Oben an der Zimmerdecke ist ein Gestell, so massiv und kräftig, wie das eben beschriebene leicht und zart gemacht, dasselbe besteht aus einem Wagebalken von 6 Fuß Länge, an einer Rolle drehbar, durch eine starke Axe an der Zimmerdecke befestigt und in so weit beweglich, daß man durch den links sichtbaren Zug vermöge einer um die Axe laufenden Schnur diese Axe drehen kann. An dem Wagebalken hängen Bleikugeln von 8 Zoll Durchmesser, d. h. von viel mehr als einem Centner Gewicht.

Auf zwei Seiten des Zimmers, die einander gegenüber liegen und so, daß man den schmalsten Theil des dünnen Gehäuses sehen kann, befinden sich in der Mauer Fernröhre *T, T*, die ein Fadenkreuz haben und genau auf die Mitte der schmalsten Ansicht des Kastens gerichtet sind, darüber stehen Blendlaternen, welche ihr Licht auf die Vorderfläche werfen, die von Glas ist, um zu gestatten, daß man die Stellung des dünnen, in dem Kasten frei aufgehängten Stabes mit den daranhängenden kleinen Bleikugeln beobachten könne.

Besehen wir uns nun einen Querschnitt des Apparates, so haben wir in *A* (Fig. 427, S. 82) den schmalen Kasten, in welchem das hohle, leichte Stäbchen *hh* hängt, bei *h* sind auch die kleinen Bleikugeln.

WW ist der große, starke Wagebalken, welcher an der Decke des

Digitized by Google

Zimmers befestigt ist und von welchem die schweren Bleikugeln herabhängen, so daß ihre Mittelpunkte mit denen der kleineren in eine Ebene fallen.

Fig. 427.

Durch die auf der vorigen Figur angegebene Bewegung läßt sich der Wagebalken auch so stellen, wie die punktirten Linien *w w* andeuten, man kann die Kugeln also rechts oder links von den kleinen Bleikugeln stellen und ist dadurch in Stand gesetzt, zu sehen, was für eine Wirkung auf dieselbe hervorgebracht wird.

Anfangs stehen die großen Kugeln so weit wie möglich und beide gleich weit von beiden kleinen Kugeln, was dadurch geschieht, daß der große Wagebalken rechtwinklig über den kleinen zu stehen kommt. Nun läßt man Alles vollständig zur Ruhe kommen, worüber mehrere Stunden vergehen, dann stellt man noch durch die Bewegung, welche rechts auf unserer vorigen Zeichnung angedeutet ist, den seidenen Faden (oder den feinen Draht), an welchem der dünne Wageballken hängt, so daß die beiden kleineren Kugeln mitten vor den Glasscheiben des Kastens und gerade vor dem Fadenkreuz an dem Fernrohr *T T* stehen.

Ist dies geschehen, so bewegt man die großen Kugeln *W W* gegen den Kasten und wie dieselben sich nähern, wird man finden, daß die kleinen Kugeln deutlich angezogen werden, was so weit geht, daß sie sich an die Wände des schmalen Kastens legen.

Es wird nun die Probe auf dies Exempel gemacht, man stellt zuvörderst Alles wieder so her, daß keine Anziehung stattfinden kann und sobald der Apparat in Ruhe ist, werden die großen Kugeln auf die andere Seite des Kastens in die Stellung *w w* mit punktirten Linien gebracht. Alsbald gehen die kleinen Kugeln dort hinüber, wodurch denn mit Bestimmtheit bewiesen wird, daß kein Zufall, sondern daß die Anziehung der großen Kugeln auf die kleinen gewirkt habe.

Natürlich findet auch das umgekehrte Verhältniß statt, die kleinen Kugeln ziehen auch die großen an und zwar genau eben so viel; wiegen die kleinen ein Pfund, die großen 100, so ziehen die großen die kleinen mit der Kraft von 1 an, die kleinen ziehen aber die großen mit der Kraft von

Digitized by Google

$^1/_{100}$ an. Die Anziehung ist in allen Körpern gleich groß und richtet sich nur nach den Maßen, würde man die großen Kugeln so fein und beweglich aufhängen können wie die kleinen, so würde man wahrnehmen, wie die großen auch um ein Hundertstel von der Ablenkung, welche die kleinen erfahren, gegen diese gezogen werden.

Gravitation.

So wie hier im kleinen, so wie beim Shehallien im größeren Maßstabe, so fanden schon früher Condamine und Bouguer an dem Andesrücken eine Wirkung der großen Massen auf kleine, der Gebirge auf das Bleiloth und so ist es auch mit den Planeten und ihrem Centralkörper, der Sonne. Die Planeten werden durchaus nicht von der Sonne allein angezogen, sie ziehen die Sonne gleichfalls an, beide schleudern einander um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt. Die Erde bewegt sich nicht allein um die Sonne, sondern die Sonne bewegt sich auch um die Erde, der Schwerpunkt, der beiden Himmelskörpern zum Mittelpunkte der Bewegung dient, liegt gar nicht im Mittelpunkte der Sonne, sondern sehr weit von demselben entfernt, allein da die Sonne enorm groß ist im Verhältniß zur Erde, so liegt dieser gemeinschaftliche Schwerpunkt noch immer innerhalb der Sonne. Deswegen aber dreht die Sonne sich auch keineswegs wie ein Kreisel um ihre Axe, sondern wie ein Betrunkener, der darauf wartet, bis sein Haus an ihm vorüberkommt (da sich doch Alles so hübsch im Kreise dreht, so will er dann geschwind mit dem bereit gehaltenen Schlüssel öffnen).

Noch viel auffallender ist diese gegenseitige Anziehung zwischen Mond und Erde bemerkbar. Die Unterschiede der Massen beider Körper sind nicht so groß wie die Unterschiede zwischen Sonne und Erde, daher liegt auch der Schwerpunkt, welcher den beiden Körpern gemeinschaftlich ist, gar nicht mehr innerhalb des größeren derselben, sondern so weit außerhalb, daß die Erde in einer geschlängelten Bahn geht, da der Mond im Vollicht die Erde von der Sonne wegzieht, im Neulicht aber zu ihr hin, dann sie beim Voraneilen mit sich nimmt und beim Zurückbleiben verzögert.

Die Erde giebt dem Monde dies mit ungeheuren Zinsen zurück, sie zieht und zerrt ihn mit sich und schleudert ihn 81 Mal so stark um sich her, als er sie zieht und zerrt; allein er thut es doch nach Kräften, d. h. nach seiner Masse und giebt nicht um eine Linie von der ihm zustehenden Anziehung nach.

Wir sehen dies aber auf alle Weltkörper überhaupt ausgedehnt, denn

Digitized by Google

es zieht nicht nur die Sonne die Planeten und Kometen an, es ziehen sich nicht nur die Planeten unter einander, oder Planeten und Monde an, es ziehen nicht nur Planeten die Kometen dergestalt mächtig an, daß dadurch die Bahnen der letzteren für immer verändert werden, sondern es ziehen sich die Sonnen, die Fixsterne eben so gut unter einander an, wie man aus der Ansicht der Doppelsterne mit großer Gewißheit entnimmt. Zwei mächtige Gestirne, Billionen Meilen weit von einander entfernt, kreisen in lang gestreckten Bahnen und in Zeiten von 60 bis 500 Jahren um einen zwischen ihnen liegenden Schwerpunkt, und die Ursache aller dieser Bewegungen ist dasjenige, was wir Gravitation, allgemeine Gravitation, allgemeine Schwere nennen, alle Körper gravitiren gegen einander, sind gegen einander schwer.

Wir haben hier nach einander betrachtet die Cohäsion, die Anziehung der Theile eines und desselben Körpers, die Adhäsion, Anziehung zweier verschiedener Körper in großer Nähe, Schwere, die Anziehung entfernter Körper auf einander und endlich die Gravitation, die Anziehung der Weltkörper gegen einander.

Ueberall ist es dieselbe Kraft, welche waltet. Die Erde fällt gegen die Sonne, wie der Mond gegen die Erde, aber die Sonne fällt auch gegen die Erde und die Erde gegen den Mond; die Erde beeilt sich, wie der Untergebene gegen den Höhergestellten, seinen Befehlen rasch zu folgen, aber die Sonne kommt der folgsamen Erde höflich einige Schritte entgegen und die Erde, welche dies charmant findet, will selbst die Charmante spielen gegen den Mond, indeß er die gebührenden Reverenzen macht, kann die Erde es doch nicht unterlassen, ein Gleiches, wenn schon ihrem Range angemessen, in einem geringeren Grade zu thun.

Die Erde würde auf die Sonne, der Mond auf die Erde fallen, ganz nach den Gesetzen, nach denen der Stein zu Boden fällt, wenn nicht eine andere Kraft, die Trägheit, das Beharrungsvermögen da wäre, welches die Erde und den Mond zwingt, in ihren respectiven Bahnen fortzulaufen.

Der freie Fall.

Die Schwere veranlaßt den Stein gegen die Erde, den Jupiter gegen die Sonne zu fallen, allein wir wissen nicht das allein, sondern auch nach welchen Gesetzen alle Körper fallen.

Schon daß hier eine und dieselbe Kraft waltet, ist etwas Neues, ist ein Triumph der erwachenden Wissenschaften, welche nach tausendjährigem Schlafe nun plötzlich Leute wie Kepler, Newton, Galilei zu ihrem Empfange bereit fanden; in früheren Zeiten hat man von einem solchen Zusammenhange nichts geahnt, es bedurfte eines Mannes, der da sagte:

Digitized by Google

„es werde Licht", eines Newton, und der denn auch fähig war, dieses Licht anzuzünden und zu nähren, bis nachfolgende Geschlechter, an dem Scheine desselben erstarkt und groß geworden, ohne einen Führer weiter schreiten konnten.

Man machte sich seit Aristoteles und bis auf Galilei die sonderbarsten Vorstellungen von dem Gesetze des Falles. Wenn einem Schüler der Mathematik die Frage vorgelegt wird: „falls ein Mann in 8 Stunden 4 Meilen marschiren kann, wie viel Meilen legt dann eine Compagnie von 120 Mann zurück?" und er antwortet, stolz auf sein glückliches Talent im Kopfrechnen, „960 Meilen", so lacht auch der Unerfahrenste der Mitschüler, wenn er auch vielleicht nicht einmal weiß, warum; aber so stand es mit der Physik noch vor 300 Jahren. Man glaubte die Geschwindigkeit des Falles verschiedener Körper verhalte sich wie ihr Gewicht, d. h. ein Pfund Blei falle 32 Mal so schnell als ein Loth Blei. Es fiel Niemanden ein, daran zu denken, daß, wenn er dieses Pfund in 32 Theile trenne und alle gleichzeitig fallen lasse, sie demnach so sehr viel langsamer fallen müßten, als eben diese 32 Loth, wenn sie durch Bindfaden zusammengewickelt seien, es fiel Niemanden ein, die Albernheit zu ahnen, die darin lag; ja, als Galilei durch Versuche bewies, daß Körper von sehr verschiedenen Gewichten, die er von dem geneigten Thurm zu Pisa fallen ließ, gleichzeitig den Boden erreichten, hatte dies vorläufig nichts weiter zur Folge, als grimmige Anfeindungen des Urhebers derselben, welche ihn nöthigten, seine Professur niederzulegen und eine andere in Padua anzunehmen.

Es ist für eine Geschichte der Physik höchst interessant zu wissen, durch welche Irrthümer der Mensch gehen mußte, um zur Wahrheit zu gelangen, es würde uns jedoch zu weit führen, wenn wir dies hier darstellen wollten, wir geben davon dasjenige, was von Galilei aufgestellt und was bis jetzt von jedem Gelehrten, der sich damit beschäftigt hat, bestätigt worden ist.

Die Schwere ist eine stets fortwirkende Kraft. Jeder Körper unterliegt ihr, der bewegte so gut wie der ruhende. Strebt die Schwere, einen Körper, der keine Bewegung hat, in eine solche Bewegung zu versetzen, daß er in einer Secunde einen Fuß zurücklege, so strebt dieselbe Schwere, denselben Körper, der einen Fuß Bewegung hat, in eine Bewegung zu versetzen, daß er nun 2 Fuß, denjenigen, der 30 Fuß Bewegung hat, daß er nun 31 Fuß habe.

Nach der Sitte der damaligen Zeit wurde diese Wahrheit von ihrem Entdecker in einen lateinischen Spruch gekleidet und dieser in seine einzelnen Buchstaben zerlegt, publicirt, meistens noch mit der Nebenabsicht, die Rechte

Digitized by Google

der Priorität für sich zu wahren. Der hierher bezügliche Spruch heißt so räthselhaft geschrieben:

aaaaaaceggiiiiimnnooopqrrrsttttuuv

und nachdem sich die gelehrte Welt lange damit gemüht und Mancher an der Nuß die stumpfen Zähne ausgebissen, lautete die Lösung:

gravitas agit in mota corpora ut in quieta

(d. h. die Schwere wirkt auf bewegte Körper wie auf ruhende).

Die Schwere ist eine stetig wirkende Kraft. An dem gedachten Hexameter und seinem Inhalt ist noch nicht das Mindeste geändert worden, unaufhörlich hämmert die Schwere auf den Körper, der da ruht, um ihn zum Fallen zu bringen und wenn er fällt, so ist die Schwere damit nicht zufrieden, unaufhörlich hämmert sie fort auf den fallenden Körper, bei jedem Stoß geht er etwas geschwinder als vorher, aber die Schwere eilt ihm nach und legt immer noch einen neuen Stoß zu dem früheren, so daß die Geschwindigkeit, mit der ein Körper ankommt, der 19 Secunden gefallen ist, größer wird als der eines Körpers, der nur 18 Secunden lang gefallen ist, und wenn ein Körper eine Stunde lang fiele, so würde ein zweiter, der eine Stunde und eine halbe Secunde lang fiele, um etwas schneller bewegt sein als der vorige.

Galilei machte die Versuche auf einer schiefen Fläche, bei der geringsten Aufmerksamkeit kann man schon an der Rinne einer Kegelbahn wahrnehmen, wie die aufgelegte Kugel äußerst langsam herabzurollen beginnt, so daß man sie mit einem Strohhalm aufhalten kann, wie sie schneller und schneller läuft und endlich mit einer solchen Gewalt unten bei den Kegelspielern anlangt, daß derjenige, der seine Hand zwischen eine daliegende und die ankommende Kugel brächte, auf das Schmerzhafteste gequetscht werden würde.

Die schiefe Fläche, d. h. ein auf die hohe Kante gestelltes Brett, schräg geschnitten und auf der Kante mit einem Hohlhobel zu einer Rinne ausgetieft, war in eine große Anzahl gleicher Theile getheilt (wir würden in Deutschland Zolle dazu wählen) und Schraubzwingen mit den Lauf verhindernden Blättern oder Ringeln konnten an jeder beliebigen Stelle angebracht werden, durch Erhöhung des einen oder des anderen Endes konnte man den Lauf einer auf die Rinne gelegten Kugel beliebig verzögern oder beschleunigen, so daß man deutlich sehend den Lauf derselben verfolgen und dann durch Ausprobiren mit den aufhaltenden Klammern hinter das Gesetz des verzögerten Falles kommen konnte, welches dem Gesetz des freien Falles gleich sein mußte, da die Verzögerung auf dem ganzen Wege dieselbe war.

So fand Galilei, daß wenn er die Ebene so schräg stellte, daß die

Digitized by Google

Kugel in der ersten Zeiteinheit (es ist gleichgültig, wie groß dieselbe sei, wir wollen sie Secunde nennen, es hätten auch 1½ oder ¾ Secunden sein können) einen Zoll durchlief, sie in der zweiten Zeiteinheit drei, in der dritten fünf Zoll durchlief, was so lange währte und sich vollkommen gleich blieb, als die schiefe Fläche ausreichte.

Die Zeiten verliefen also wie die natürliche Zahlenreihe 1, 2, 3, 4, 5, 6 u. s. w. 20, 21; die Räume, welche von einer in der Rinne abwärts laufenden Marmorkugel durchlaufen wurden, verhielten sich dagegen wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, 11, — 39, 41 ꝛc.

Dies war Etwas, es war ein Gesetz und aus diesem Gesetze folgten noch andere Theile desselben Gesetzes des freien Falles, daß z. B. die Räume, welche von einer solchen Kugel in einer Summe von Zeiteinheiten durchlaufen wurden, gleich sind dem Weg der ersten Zeiteinheit so viel Mal genommen, als das Quadrat der Summe von Zeiteinheiten betragen würde. (Wir wissen, daß das Quadrat einer Zahl nichts anderes ist als diese Zahl mit sich selbst multiplicirt.)

Wollen wir ein- für allemal Zoll und Secunde als Maß und Zeiteinheiten annehmen, so stellt sich die Sache so: ein Körper fällt während einer Secunde einen Zoll, so ist das Quadrat von 1 wieder 1, da ist also nichts zu rechnen. Er fällt zwei Secunden lang, in der ersten einen Zoll, in der zweiten drei Zoll. Das Gesetz sagt, er habe in zwei Sec. das Quadrat von zwei durchlaufen, d. h. 4 mal 1 Zoll; 1 und 3 ist aber 4. In 3 Secunden soll er 9 mal einen Zoll fallen, $1+3+5$ ist aber 9; in 4 Secunden soll er 4 mal 4, d. h. 16 mal 1 Zoll fallen, $1+3+5+7$ ist aber 16 und so geht dies fort, in 10 Secunden fällt ein Körper durch 100 Einheiten, in 100 Secunden durch 10,000 Einheiten, man ist noch nicht an die Grenze gelangt, wo das Gesetz aufhört, richtig zu sein.

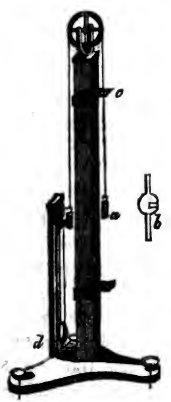
Riccioli und Grimaldi suchten die Wahrheit der Galilei'schen Sätze im Großen und den Fall nicht gehindert durch eine schiefe Ebene zu beweisen, ihr Zeitmaß war eine Bleikugel, an einem Faden hängend, welche sehr kurze schnelle Schwingungen machte, fünf solche Schwingungen bildeten eine Zeiteinheit. Kugeln von ½ Pfund Gewicht wurden aus genau gemessener Höhe eines Thurmes fallen gelassen und es ergab sich, daß der fallende Körper bei 5 Schwingungen einen Weg von 10 Fuß zurücklegte, bei 10 einen Weg von 40, bei 15 von 90, bei 20 von 160 und bei 25 Schwingungen einen Weg von 250 Fuß. Dies stimmt genau mit dem gefundenen, von Galilei aufgestellten Gesetze überein, die Zeiten sind 1, 2, 3, 4, 5 und die Fallräume sind 1 mal 10, 4 mal 10, 9 mal 10, 16 mal 10 und 25 mal 10.

Digitized by Google

Als man endlich die Secunde hatte (den 86,400sten Theil der Zeit, in welcher die Erde sich um ihre Axe dreht), da kam man auch auf die Gesetze des Falles in einer gewissen, überall aufzufindenden und wieder herzustellenden Zeiteinheit, man fand, ein Körper falle $15{,}_{625}$ Fuß in einer Secunde und wenn man Pariser Pied du roi (¼ der Toise du Perou) nimmt, genau 15 Fuß, dies Letztere geschieht jetzt immer, um die Bruchrechnungen zu vermeiden. Ein frei und ungehindert fallender Körper fällt in der ersten Secunde 15 Fuß, in der zweiten 45, in der dritten 75, in der vierten 95 Fuß, er fällt in einer Secunde 15, in zwei Secunden 60, in drei Secunden 135 Fuß, in vier Secunden 240 Fuß u. s. f., nämlich immer so viel mal 15 Fuß als der Zeitraum, während dessen sie gefallen ist, 2—3—4 quadrirt zu 4, 9, 16 ꝛc. ergiebt, in 5 Secunden würde der Körper also 5 mal 5, d. h. 25 mal 15 Fuß fallen.

Sehr viel schöner, als Galilei's schräge Ebene, zeigt die Gesetze des Falles die Atwood'sche Fallmaschine. Georg Atwood, Professor der Physik zu Cambridge, erfand dieselbe gegen Ende des vorigen Jahrhunderts und sie hat sich seitdem in jedem physikalischen Cabinet eingebürgert, weil man sie für unentbehrlich für die Lehre vom Falle der Körper hält.

Fig. 428.



Der Hauptkörper ist ein viereckiger Pfosten von 8 und mehr Fuß Länge, welcher auf einem dreieckigen Fuße steht und durch Schrauben mit großer Genauigkeit vertical gestellt werden kann. Oben befindet sich eine Rolle mit einem Schnurlauf, deren Axe in kegelförmige Spitzen ausläuft, die wieder in kegelförmigen Vertiefungen laufen, wodurch die Reibung sehr vermindert wird. Hin und wieder wird diese Rolle, welche das Hauptstück des ganzen Apparates ist, so vortrefflich gemacht, daß bei einem raschen Anschnellen mit dem Finger sie volle 5 Minuten läuft.

Ueber die Rolle ist eine feine Seidenschnur gelegt, an welcher jederseitig ein Gewicht hängt, beide sind einander gleich, halten sich mithin in jeder Stellung das Gleichgewicht. Bei *d* ist ein kleiner Ständer, welcher ein Secundenpendel trägt, das durch einen kleinen Doppelhammer, der bald rechts, bald links an die Pendelstange schlägt, die angegebenen Zeitabschnitte für das Ohr deutlich wahrnehmbar macht.

Wenn man nun die Gesetze des Falles anschaulich machen will, so

Digitized by Google

zieht man das eine Gewicht ganz nach oben, während das andere unten aufsteht, dann legt man zu dem Gewicht ein kleines Stückchen hinzu, welches das Beschleunigungsgewicht heißt und läßt es nun los. Sogleich beginnt es zu fallen, da jedoch auf der anderen Seite der Rolle ein Gewicht hängt, welches dem ursprünglichen die Wage hält, so kann der Fall des Beschleunigungsgewichtes nur ein in dem Verhältniß seiner zu dem Ganzen *verzögerter* sein. Man sieht daher das beschwerte Gewicht sinken, aber so langsam, daß man seinen Fall sehr wohl verfolgen kann.

Um jedoch auch *messen* zu können, ist die ganze Länge des Ständers in Zolle getheilt und man hat verschiedene Klammern *c*, welche vermöge einer Klemmschraube an jeder beliebigen Stelle der Scala befestigt werden können.

Gewöhnlich ist von dem Mechanikus die Schwere des Beschleunigungsgewichtes durch Versuche so gestaltet, daß es in der ersten Secunde seiner Wirkung nur durch einen Zoll fällt, das Beschleunigungsgewicht hat meistentheils die Form *b*, welche nebenbei gezeichnet ist, wir werden sehen weshalb; ein Stäbchen von gleicher Länge thut es auch.

Wenn das Experiment beginnen soll, so setzt man die Klammer, welche ein Tischchen bildet, dahin, wo der Zollstrich I befindlich, dann hält man das Gewicht, durch *b* beschwert, bei O der Scala, setzt den Pendel in Bewegung, zählt die Schläge Null, Null, Null, läßt in dem Augenblick, wo man zum zweiten oder dritten Male Null gezählt hat, das Gewicht los und zählt dann den nächsten Pendelschlag Eins, mit diesem wird das Gewicht hörbar auf das Tischchen schlagen.

Man wiederholt das Experiment, setzt aber die Klammer unter dem vierten Zollstrich und zählt nun wieder die Pendelschläge Null, Null, läßt los, zählt Eins, Zwei, und mit dem Pendelschlage Zwei hört man das Gewicht aufschlagen.

Das Experiment kann nun wiederholt werden, so weit die Länge der Fallmaschine erlaubt. Man wird am Ende der dritten Secunde das Gewicht beim neunten Zoll, am Ende der vierten beim sechszehnten Zoll aufschlagen hören.

Diese Fallmaschine hätte demnach ihre Dienste gethan, sie hätte uns das Gesetz, nach dem die Körper fallen, genau kennen gelehrt, sie ist aber auch zu etwas Anderem gut. Was geschieht denn nun, wenn die beschleunigende Kraft der Schwere plötzlich aufhört?

Um dies zu zeigen, hat das Beschleunigungsgewicht die angegebene Form. Es liegt quer auf dem einen der beiden gleichen Gewichte und es kann plötzlich abgehoben werden, indem man das eine Gewicht durch einen

Digitized by Google

Ring (an Stelle des Tischchens *c*) fallen läßt, welcher weit genug ist, um den Cylinder *a* durchzulassen, nicht aber weit genug, um auch dem querüber liegenden Beschleunigungsgewichte Durchgang zu gestatten. Man lasse nunmehr das Hauptgewicht, beschwert durch das Beschleunigungsgewicht, wieder eine bestimmte Anzahl von Secunden laufen (wir wollen sagen 3 Secunden) und stellt den Ring so, daß er am Ende der dritten Secunde das Beschleunigungsgewicht abhebt, indessen das andere fortläuft. Dieses folgt nun dem bis hierher erhaltenen Impuls, geht in gleichmäßigem, nicht mehr durch die Schwere beschleunigtem Gange fort und legt mit diesem einen doppelt so großen Weg zurück in derselben Zeit, als der bisher in 3 Secunden zurückgelegte war; auf der Fallmaschine waren es bei 3 Secunden 9 Zoll, die fortlaufenden Gewichte legen nunmehr in 3 Secunden 18 Zoll zurück.

Würde man mittelst des Beschleunigungsgewichtes die Fallbewegung 4 Secunden lang fortgesetzt haben, so würden 16 Zoll zurückgelegt worden sein und das nun sich selbst, ohne die Mitwirkung der Schwere, überlassene Gewicht würde 8 Zoll in der Secunde, oder in den nächsten 4 Secunden 32 Zoll mit einer sich ganz gleich bleibenden Geschwindigkeit zurücklegen.

Auch auf der schiefen Ebene kann man dies bewerkstelligen, wenn man sie durch eine kurze Biegung in eine horizontale verwandelt. Auf dieser wagerechten Ebene läuft das Gewicht, d. h. die Kugel, ohne daß die Schwere ferner einen Antheil an ihrer Bewegung hätte, gerade fort mit einer sich gleich bleibenden Geschwindigkeit, welche davon abhängt, wie lange sie auf der schrägen Ebene gelaufen und wie schräg (wie steil) diese gewesen ist.

Verwandelt sich die gerade Linie in eine aufsteigende, d. h. stoßen zwei schräge Ebenen an einander, so läuft die Kugel an der einen herab und sofort an der anderen hinauf. Es versteht sich, daß der Uebergang von einer zur anderen durch eine krumme Linie vermittelt sein müsse, oder daß beide Ebenen etwa eine zusammenhängende krumme Linie, einen Halbkreis bilden. Fällt nun die Kugel von der einen Seite herab, so rollt sie mit verzögerter Bewegung auf der anderen Seite hinauf, kommt zum Stillstehen und rollt dann wieder mit beschleunigter Bewegung abwärts und es ist klar, daß hier ein höchst einfaches Perpetuum mobile gefunden wäre, wenn nicht die Reibung an der Rinne der schiefen Ebene und der Widerstand der Luft wäre.

Es ergab sich ferner aus unmittelbaren Versuchen, daß geworfene, emporgeschleuderte Körper eben so fallen wie ruhende, wenn sie losgelassen werden. Man giebt einem Körper eine Wurfgeschwindigkeit von 135 Fuß, mit welcher er steigen soll, alsbald sagt die Schwere: gieb mir davon nur vorläufig 15 Fuß ab, er geht nach beendeter erster Secunde mit einer Ge-

Digitized by Google

schwindigkeit von 135—15, d. h. von 120 Fuß weiter; die Schwere aber sagt: diese Geschwindigkeit kann ich dir nicht lassen, ich muß meine 45 Fuß Fall haben. Der Körper kann dagegen nichts machen, er muß sich auf Gnade und Ungnade ergeben, die Schwere läßt ihn nicht los, nach der zweiten Secunde hat er von seinen ursprünglichen 135 Geschwindigkeit nur noch 90 übrig; er steigt nun vermöge des Beharrungsvermögens mit 135 Fuß zur Secunde weiter, aber in eben der Zeit fällt er auch um 75 Fuß (der Weg, den ein fallender Körper in der dritten Secunde durchläuft), in der vierten durchläuft er zwar wieder seine 135 Fuß, aber mit einem Abzuge von 105 Fuß, d. h. er erhebt sich nur noch um 25 Fuß und diese werden in der fünften Secunde absorbirt, indem sich die noch übrige Kraft, mit der er steigen soll, gegen diejenige, mit der er in der fünften Secunde fällt, ausgleicht; er steht einen Augenblick still, dann aber beginnt er auch nach unseren gewöhnlichen Ansichten zu fallen, indeß er wirklich nur fortfährt, allein da er einen Augenblick still gestanden hat, so beginnt die Rechnung der Fallgeschwindigkeit von vorn, er fällt in der ersten Secunde 15, in der zweiten 45, in der dritten 75 Fuß und erreicht die Erde in derselben Zeit, in welcher er hinaufgestiegen ist.

Sehr gut kann man dies bei Nacht durch den Weg einer mit Zünder versehenen Bombe verfolgen, wie sie immerfort steigt, aber mit jedem Augenblick langsamer steigt, bis sie endlich einen Bogen beschreibt, in welchem Steigen und Fallen sich völlig ausgleicht, von welchem Punkte aus sie dann fällt und so mit wachsender Geschwindigkeit, wie sie vorher stieg mit abnehmender Geschwindigkeit. Nicht Jedem aber steht zu seinen Versuchen ein Mörser mit Bomben bereit.

Eine Rakete ist zu diesem Versuche nicht geschickt, weil sie die Triebkraft in sich hat, welche die Wirkung der Schwere zwar nicht aufhebt, aber dennoch so verringert, daß sie sich theils der Beobachtung entzieht, theils aber dergestalt entstellt wird, daß an eine Messung und Berechnung gar nicht zu denken ist, dagegen ist Bogen und Pfeil sehr brauchbar; man kann, wenn der Bogen gut ist, sehr leicht eine Höhe von 600 Fuß erreichen, und kann, da der Pfeil immer mehr als eine Elle Länge hat, das verzögerte Steigen so deutlich sehen wie das beschleunigte Niederfallen.

Da die Fallgeschwindigkeit nichts weiter als ein Ausdruck der Anziehungskraft der Körper gegen einander ist, so wird dieselbe verschieden sein nicht nur auf verschiedenen Weltkörpern, sondern auch an verschiedenen Stellen des Weltkörpers, den wir bewohnen. Die Körper fallen auf dem Monde durch einen sehr viel kleineren, auf der Sonne durch einen sehr viel

Digitized by Google

größeren Raum, die Körper fallen auf der Erde in der Nähe der Pole durch einen größeren Raum, als in derselben Zeit unter dem Aequator.

Die Gesammtmasse der Erde bildet auf den barocentrischen Kern zusammengedrängt dasjenige, was den Fall des Körpers hervorbringt, dieser Kern ist der Oberfläche der Erde unter den Polen um circa 3 Meilen näher als am Aequator. Die Erde ist nicht kugelförmig, sondern pomeranzenartig gedrückt, ungefähr der 270ste Theil bildet den Unterschied (man ist über diese Größe noch nicht vollkommen einig, Manche nehmen die Differenz geringer, Manche nehmen sie bedeutender an) zwischen der Axe und dem Durchmesser durch den Aequator, dies macht einen solchen Unterschied, daß Uhren mit einem guten, unveränderlichen Pendel, in unseren mittleren Breiten gefertigt, in Peru zu langsam, in Lappland zu schnell gehen.

Das Regulirende bei einer Pendeluhr ist auch der Fall, ein Perpendikel fällt vermöge der Schwere mit stets beschleunigter Bewegung abwärts, dann steigt es mit der Geschwindigkeit, die es hat, langsam und stets langsamer, d. h. mit verzögerter Geschwindigkeit aufwärts. Es beginnt darauf wieder zu fallen und setzt diesen Fall, durch die Schwere beschleunigt, fort bis zum niedrigsten Punkte seiner Bahn u. s. f. Weil aber der fallende Körper dem Kern der Anziehung näher ist, sobald er sich an den Polen befindet, so ist sein Fall stärker beschleunigt, als wenn er in der Gegend des Aequators wäre, und man kann dies nur dadurch ausgleichen, daß man den Pendel in der Nähe des Aequators verkürzt, am Pole dagegen verlängert.

Directe Versuche und scharfe, mathematische Berechnungen haben dahin geführt, diese Längenunterschiede sehr genau zu ermitteln. Bei Quito unter dem Aequator ist das Pendel 438,8 Pariser Linien lang, in Portobello 439, in Paris 440,6, in Greifswald 440,8, auf der Halbinsel Kola, nördlich am Archangel 441, am Pole selbst würde sie 441,7 sein, der Unterschied beträgt also 3 volle Linien, welches eine sehr bedeutende Größe ist, wenn man bedenkt, daß das Resultat ihres Unterschiedes mit 86,400 multiplicirt wird, daß die verzögernde oder beschleunigende Wirkung sich in 24 Stunden so oft wiederholt.

Trägheit, Beharrungsvermögen.

Die Gesetze des freien Falles so wie des Falles auf vorgeschriebenem Wege können nicht erläutert, nicht verstanden werden, wenn wir nicht das Beharrungsvermögen kennen, dasjenige, was man in früheren Zeiten sonderbarer Weise die Kraft der Trägheit (vis inertiae) genannt hat.

In den Körpern liegt keine bewegende Kraft, die Bewegung kommt

Digitized by Google

von außen an sie. Ist ein Körper einmal in Bewegung gesetzt, so müßte es das höchste Erstaunen erregen, wenn er still stände, plötzlich von selbst aufhörte, sich zu bewegen. Die Hand erhebt einen Stein und schleudert ihn empor. Wenn er in dem Augenblicke, wo er die Hand verläßt, zu Boden fiele, so würden wir gar nicht wissen, was wir sagen sollten, er ist in Bewegung gesetzt, aus sich selbst kann die Bewegung gar nicht aufhören, er müßte eigentlich zu einem Satelliten der Erde werden.

Da dies doch nicht geschieht, so werden wir hiervon die Ursache aufzusuchen haben. Erstens ist eine stetig auf jeden Körper wirkende Kraft, die Schwere vorhanden, diese lenkt den Körper unaufhörlich von seinem Wege ab und bringt ihn endlich mit der Erde in Berührung, da denn seine Bewegung durch den Wurf gerade so wie die durch die Schwere hervorgebrachte Bewegung aufhört. Allein er kommt schneller zur Ruhe, als er nach den Gesetzen der gleichförmigen Bewegung des Wurfes und der beschleunigten Bewegung des Falles sollte.

Was ist hier die Ursache? Der Widerstand des Mittels, in welchem der geworfene Körper sich befindet. Der Stein, die Flinten- oder Kanonenkugel hat die Luft vor sich her zu schieben, zu verdrängen, allerdings fließt ein großer Theil von der Kuppel der Kugel, von dem voraneilenden Pol ab; allein ein viel größerer Theil wird durch die Gewalt des Stoßes immerfort zusammengepreßt, leistet um so energischeren Widerstand, je schneller die Bewegung der Kugel ist, und indem jedes Lufttheilchen einer Kraft bedarf, um vorwärts geschoben, zusammengedrückt und aus dem Wege geräumt zu werden, wird die erforderliche Kraft hierzu lediglich der Kugel, welche in Bewegung ist, entnommen.

Es ist aber ein durch die ganze Natur waltendes, allgemein gültiges Gesetz, daß diejenige Kraft, welche irgend eine Arbeit verrichtet, nicht zugleich eine andere Arbeit verrichten kann. Nun verrichtet die fortgeschleuderte Kugel eine Arbeit, sie stößt Luft vor sich her und vertreibt dieselbe aus ihrem Wege, mit dieser Kraft kann sie nicht weiter laufen, kann sie nicht ihrem Ziele zustreben, diese Kraft hat sie abgegeben, sie ist für sie verloren. Da sie aber unaufhörlich einen Antheil ihrer Kraft an die Luft abgiebt, um diese zu bewegen, so geht ihr unaufhörlich eine Quantität der ihr mitgetheilten Kraft verloren und sie geht mithin selbst immer langsamer, bis sie den letzten Antheil an die Luft oder den Erdboden, auf dem sie rollt, abgegeben hat und nun still steht.

Dies ist auch der Vorgang mit einer Kugel, welche auf einer halbkreisförmigen Fläche auf und ab rollt. Sie müßte, einmal angefangen, unaufhörlich im Laufen bleiben, allein sie giebt stets etwas von ihrer Kraft

Digitized by Google

an die Luft ab, die sie aus dem Wege schaffen muß, sie verliert unaufhörlich etwas durch die Reibung auf ihrer Bahn. Ein Pendel einfachster Art, d. h. eine schwere Kugel an einem Faden aufgehängt, müßte eben so ein Perpetuum mobile bleiben, aber auch hier ist es der Widerstand der Luft, welcher so entschieden verlangsamernd wirkt, daß selbst das best construirte Pendel nach einer Viertelstunde zur Ruhe kommt.

Die Wurfkraft.

In dem Vorigen ist bereits ein hierher gehöriger Theil berührt worden, um anzudeuten, wie ein Körper auch während der Bewegung fällt. Hieraus ersehen wir, daß die Bewegung, welche ein geworfener Körper macht, zusammengesetzt ist aus den Bahnen, welche die Wurfkraft und die Schwere vorschreibt.

Ein Körper kann geworfen werden durch die Elasticität der Gase (Schießgewehr, Windbüchse, vulkanische Thätigkeit, Dampf, der einen Kessel zersprengt), durch die Elasticität fester Körper (Bogen und Pfeil, Federkraft), durch einen Schlag oder Stoß der Hand oder einer Maschine; der Körper kann ferner in vier verschiedenen Richtungen geworfen werden, senkrecht abwärts, senkrecht aufwärts, horizontal und schräg, in jedem dieser Fälle wirkt die Schwere mit. Wird ein Körper in einen Schacht von mehreren tausend Fuß hinabgeschossen, mit einer Geschwindigkeit von 200 Fuß in der Secunde, so legt ihm die Schwere in der ersten Secunde 15 Fuß zu, in der zweiten 45 u. s. f., er läuft in der dritten nicht 200, sondern 275, in der vierten nicht 200, sondern 305 ꝛc.

Umgekehrt ist es beim Wurf senkrecht aufwärts, die Schwere zieht dem so geworfenen Körper mit jeder Secunde neue Summen ab von seiner Geschwindigkeit, wie wir vorhin gesehen haben. Man hat, um diesen Satz zu bewahrheiten, Geschütze senkrecht auf die Erde gestellt und mit dem Bleiloth sorgfältig gerichtet, theils um zu sehen, wie lange es dauern werde, bis ein so geworfenes Projectil wieder zur Erde komme, theils um zu versuchen, ob es nicht möglich sei, so vollkommen vertical zu schießen, daß die Kugel wieder in den Lauf falle. In den meisten Fällen hat man von der Kugel nichts gesehen, noch gehört, weil sie zu weit von dem vorausgesetzten Endziel, dem Kanonenlauf niedergefallen. Es giebt einen alten Holzschnitt, der eine Persiflage auf diese Versuche enthält: die gelehrten Herren Experimentatoren stehen mit aufgesperrtem Munde an dem Canon und sehen hinauf, ob sie nicht die fallende Kugel entdecken, einem der Beobachter fällt dabei der Hut vom Kopf, die Kugel aber bleibt aus. In einigen Fällen hat man

Digitized by Google

die Kugel wirklich wieder gefunden oder hat ihren Fall bemerkt, 90 Fuß war die geringste Entfernung derselben von dem Kanonenlauf.

Die beiden hier betrachteten Fälle haben sehr wenig Interesse für das practische Leben, denn außer um ein Gesetz zu ermitteln oder eine Thatsache festzustellen, wird schwerlich Jemand einen Schuß in einen Schacht oder aufwärts nach dem Zenith richten; anders ist es mit dem horizontalen oder unter einem Winkel gegen den Horizont erhobenen Wurf, die Gesetze, nach denen dies geschieht, sind von der größten Wichtigkeit für die Geschützkunst und sie sind daher nicht nur seit lange schon möglichst genau erforscht, sondern sie sind auch noch immerfort der Gegenstand der Studien aller Artilleristen, und es werden sowohl mit solchen Projectilen, welche nur einen einmaligen Stoß bekommen (Paßkugeln, Bomben) als mit solchen, die eine nachhaltige bewegende Kraft in sich tragen (die Raketen), in allen großen Staaten Versuche gemacht. Die letzteren, die Raketen, wollen wir ein- für allemal abfertigen, weil dieselben sich nicht auf bestimmte Gesetze zurückführen lassen, da die Triebkraft und das Gewicht der Projectile unaufhörlich variirt, indeß die Schwere immer dieselbe bleibt.

Nur dies wollen wir noch anführen, auch die Rakete mit dem stärksten Satz und mit einem sehr lange wirkenden, fällt dennoch zu Boden, weil äußersten Falles die Triebkraft sich gleich bleibt, indeß die Schwere mit jeder Secunde wächst, d. h. der Fall der Rakete immer mehr beschleunigt wird. Wollte man eine Rakete machen, welche 30 Secunden lang stiege, so müßte sie eine Geschwindigkeit von 60 mal 15 Fuß, d. h. 900 Fuß in der Secunde haben, etwas, das schon an sich unerreichbar ist und doch nichts weiter bezwecken würde, als daß die Raketenhülse nach einer Minute wieder die Erde erreichte. Wäre es möglich, sie so weit zu führen, daß die Schwere nicht mehr direct, sondern nur noch als allgemeine Gravitation auf sie wirkte, so würde die Rakete ein Satellit der Erde werden.

Das Projectil aber, welches einen einmaligen Stoß erhält, beschreibt, je nach der Richtung, die es hat (bei gleichbleibender Kraft des Stoßes), einen längeren oder kürzeren Bogen. Ist die Richtung horizontal und liegt das Canon auf der Erde, so berührt die abgeschossene Kugel den Erdboden in dem Augenblick, in welchem sie den Lauf verläßt, steht das Canon 15 Fuß über der Erde, so berührt die horizontal abgeschossene Kugel nach einer Secunde den Boden. Auch hier nämlich wirkt die Schwere auf den bewegten Körper wie auf den ruhenden und treibt, indeß die Kugel horizontal 600 Fuß in der Secunde zurücklegt, sie zugleich 15 Fuß abwärts nach dem Mittelpunkt der Erde zu.

Da nun ein Canon niemals 15 Fuß über der Erde steht, es sei denn

Digitized by Google

in einem Montalembert'schen Thurm einer Festung, so berührt die Kugel, wenn sie horizontal abgeschossen wird, viel früher die Erde, als nach Verlauf einer Secunde, d. h. man kann so nicht zielen und schießen.

Dennoch spricht man von Kernschuß, dennoch zielt man horizontal. Allerdings, aber man schießt nicht horizontal, der Lauf eines jeden Gewehres, der Büchse so gut wie des Canons, ist hinten dicker als vorn, zielt man über die Oberfläche des Laufes horizontal, so ist doch die Seele des Laufes um so viel von der horizontalen abweichend, als der Lauf hinten dicker ist wie vorn, ja es kommt noch gar das Visir dazu, welches den Winkel, den die Seele mit der wagerechten Linie macht, noch bedeutend vergrößert, so ist denn jeder sogenannte Kernschuß ein Bogenschuß. Wenn ein Canon scheinbar horizontal auf eine 1000 Fuß entfernte Scheibe gerichtet ist, so kann man unbedenklich mitten auf dem Wege der Kugel stehen bleiben, obschon sie nach der Ansicht des Zielers mitten durch die Brust des Verwegenen gehen müßte; die Kugel, welche zwei Secunden lang zu fliegen hat, erhebt sich in der Mitte ihrer Bahn um 10 Fuß über das Haupt des Mannes, der es versuchen wollte, d. h. 15 Fuß über den Boden.

Wahrscheinlich wird das Experiment Niemand machen, es könnte jedoch gefahrlos gemacht werden, und was man hat thun können, um die Thatsache zu beweisen, ist geschehen. Man hat nach vorhergegangenem Zielen vier und mehr Schirme von Papier, welches über große Rahmen gespannt war, zwischen das Canon und dessen Ziel gestellt, den mittelsten Schirm 14 Fuß, die anderen 12 und 10 Fuß gemacht, und dann geschossen, als wollte man die Kugel durch sie alle hindurch treiben, in der That aber berührte sie keinen einzigen von den Schirmen, sondern ging über alle hinweg; natürlich müssen dieselben auf dem mittelsten Drittheil der Bahn aufgestellt sein, auf dem ersten und letzten Drittheil ist die Erhebung nicht so groß und am Canon selbst so wie am Ziele würde ein Schirm, der höher wäre als die Mündung des Rohres, jedenfalls von der Kugel berührt werden.

Stellen wir uns vor, wir ständen auf einem sehr hohen Thurme und schießen von demselben wirklich horizontal, also indem die Seele des Rohres wagerecht liegt (gleichviel wie dabei die obere Linie des Laufes gerichtet ist), eine Kugel ab, so würde dieselbe, von zwei Kräften getrieben, eine Bahn beschreiben, welche weder der Richtung der einen Kraft, noch der der anderen Kraft entspricht. Dieselbe geht in jeder Secunde 600 Fuß horizontal fort, zugleich aber auch in der ersten Secunde 15 Fuß senkrecht abwärts, in der zweiten noch 45, in der dritten noch 75, in der vierten zu allen diesen noch 105 Fuß senkrecht abwärts. Stand der Schütze also

Digitized by Google

240 Fuß hoch und schoß er horizontal, so war die Kugel nach der ersten Secunde 600 Fuß weit von ihm und 15 Fuß unter seinem Standpunkt, in der zweiten Secunde wäre sie 1200 Fuß von ihm und 60 Fuß unter ihm, in der dritten wäre sie 1800 Fuß von ihm und 135 Fuß unter ihm, am Ende der vierten Secunde wäre sie 2400 Fuß weit von ihm und 240 Fuß unter ihm, d. h. sie berührte alsdann den Boden.

Dies sind nicht Speculationen, Muthmaßungen, sondern Thatsachen, und es folgt daraus, daß beide Kräfte durch einander gar nicht beirrt werden, die Kugel geht ihre 600 Fuß fort, ob sie zugleich falle oder nicht, die Kugel fällt nach den bestehenden Gesetzen, ob sie zugleich horizontal forteile oder nicht.

Was die Theorie entwickelt, bestätigt die Praxis, nur hat sie noch auf einen Umstand Rücksicht zu nehmen, das ist der Widerstand des Mittels, in welchem die Körper sich bewegen. Die Luft muß aus der Bahn der Kugel vertrieben werden, das Geschäft übernimmt die Kugel selbst, denn sie hat Niemanden, den sie vor sich her schicken könnte, um ihr Platz zu machen, aber alle die Kraft, welche sie darauf verwendet, die Luft aus ihrem Wege zu verdrängen, geht ihr verloren, sie wird also am Ende der vierten Secunde nicht voll so weit gegangen sein, als am Ende der ersten; allein abgesehen hiervon, was eine Correction fordert, wenn man die Bahn einer mathematischen Berechnung unterwerfen will, ist die oben gemachte Angabe vollkommen richtig.

Man nennt eine solche Linie eine Parabel und zwar wird sie nur eine halbe sein, wenn der Schuß horizontal ging, sobald man aber unter irgend einem Winkel aufwärts schießt, so wird die Parabel eine ganze. Der höchste Punkt derselben heißt der Scheitelpunkt und die Linie, welche in diesem Punkte auf der Parabel senkrecht steht, heißt die Axe und theilt die Parabel in zwei ganz gleiche Theile. Nun ist beim Horizontalschuß die Mündung des Laufes der höchste Punkt und die Richtung der Schwere ist die Senkrechte auf diesen Punkt der Parabel, durch sie ist die Linie halbirt, d. h. es ist von Hause aus nicht mehr da, als eben diese halbe Parabel.

Diejenige Lehre, welche die Theorie des Wurfes, die sich nur um Schwerkraft und Wurfkraft bekümmert, mit der Praxis, welche auch den Widerstand der Luft in Berechnung zieht, verbindet, heißt die Ballistik (von einer der Wurfmaschinen der alten Völker, der Balliste) und die ballistische Curve ist es, welche als Resultat dieser Untersuchungen hervortritt. Wenn eine Bombe in eine belagerte Festung geworfen wird, so muß die Entfernung und die Kraft des Pulvers bekannt sein, hierzu kommt die bekannte Größe der Schwere und daraus muß die unbekannte Größe des Winkels

Digitized by Google

gefunden werden, unter welchem der Bombenkessel gegen die Stadt gerichtet wird, damit die Bombe die vorausgesetzte Entfernung erreiche; je höher dieser Winkel ist (bis zu einem halben rechten), desto weiter fliegt die Bombe, weil sie desto länger dem horizontalen Stoße folgen kann, der sie zur Festung treibt; steigt der Winkel über 45, so wird die Wurfweite so gut verkürzt, als wenn er unter 45 herabsinkt; der Artillerist hat nun zu beurtheilen, auf welche Weise er am vortheilhaftesten die gegebene Entfernung erreicht, ob durch einen hohen Bogen, wo die fallende Bombe die verschiedenen Böden eines Hauses durchschlägt oder durch einen niederen, wo der horizontale Antheil der Bewegung des Projectils auf die Wände des Hauses wirkt. Das Letztere wird man beim Schießen mit Vollkugeln vorziehen, das Erstere für Hohlkugeln.

Centralkräfte.

Sind die beiden Kräfte, die Wurfbewegung und die Schwere, einander gleich, so daß keine über die andere das Uebergewicht erhält, so entstehen daraus die planetarischen Bewegungen, welche sich im Großen und im Kleinen, d. h. in den Sonnensystemen und in den Mondsystemen wiederholen und nur an der Erde selbst nicht beobachtet werden können, weil hier, in zu großer Nähe der Erde, die Schwere das Uebergewicht erhält und *jederzeit* erhält, was für Gewalten wir auch anwenden mögen.

Die Sonne zieht die Erde an und strebt diese zu sich zu ziehen, in sich aufzunehmen. Die Erde hat einen Stoß bekommen, welcher sie senkrecht auf die Richtung der Schwere forttreibt. Vermöge dieses Stoßes würde die Erde geradeaus fliegen und sich im Weltraum verlieren, allein vermöge der Anziehung der Soune wird dieselbe unaufhörlich von ihrer Geradeausrichtung abgelenkt, daher die Kreisbewegung. Beide Kräfte halten sich vollständig das Gleichgewicht, wäre dies nicht der Fall, so würde alsbald, wenn die Schwere übermächtig wäre, die Erde in einer Spirale zur Sonne eilen, wenn die Wurfkraft übermächtig wäre, in einer immer größer werdenden Spirale um die Sonne kreisen und diese endlich ganz verlassen, da, je weiter sie sich von der Sonne entfernt, diese desto weniger auf sie wirkt.

Eine Schleuder mit einer Kugel beschwert, giebt hier ein sehr gutes Bild des Vorganges. Der Faden der Schleuder ist die Schwere, die Attraction, die allgemeine Gravitation, durch welche die Körper an einander gehalten werden, bei der Kreisbewegung der Himmelskörper nennt man sie Centripetalkraft, die Kraft des Strebens nach dem Mittelpunkt.

Die Kraft des Menschen wirft den Arm sammt der daranhängen-

Digitized by Google

den Schleuder und der Kugel im Kreise umher, bei den Weltkörpern nennt man diese die Centrifugalkraft, die Kraft, den Mittelpunkt der Bewegung beider Körper zu fliehen. Beide Kräfte zusammen heißen Centralkräfte.

Wenn wir die Schleuder in Bewegung setzen, so halten beide Kräfte einander das Gleichgewicht; wenn wir dabei die Schnur verkürzen, so hat die Schwere das Uebergewicht, der Körper, welcher im Kreise umher geworfen wird, nähert sich immerfort dem Mittelpunkt der Bewegung. Wenn dagegen die Schnur nachgelassen wird, so geht die Kugel in immer größeren Windungen um den Mittelpunkt der Bewegung (das obere Armgelenk), die Fliehkraft hat das Uebergewicht.

Wenn aber im raschen Bewegen der Schleuder plötzlich einer der beiden Schnüre, aus denen sie besteht, losgelassen wird (wenn die Attraction zwischen Centralkörper und Planeten plötzlich vernichtet würde), so geht die nicht mehr gehaltene Kugel in gerader Richtung fort.

Wenn ein Pferd an der Leine im Kreise umher läuft und endlich im raschesten Galopp dahin jagt, so ist es durch die Leine gezwungen, mit dem Stallmeister ein System zu bilden, in welchem es — gehalten durch die Leine, getrieben durch die Peitsche — Bahnen beschreibt, welche den Planetenbahnen höchst ähnlich sind. Läßt nun plötzlich die Leine nach, so galoppirt das Pferd ungehindert durch die Centripetalkraft weiter in schnurgerader Linie fort.

Weil diese gerade Linie im Verhältniß zu dem Kreise, welcher vorher beschrieben worden, gerade so liegt, daß sie ihn eben berührt, daß sie nirgend in denselben eindringt, ihn schneiden würde, so nennt man sie die Berührungslinie (Tangente, von tangere, berühren) und statt Centrifugalkraft sagt man auch, von der Richtung hergenommen, in welcher diese Kraft wirkt, Tangentialkraft.

Daß die Kraft wirklich ursprünglich in der Tangente des Kreises wirkt, in welchem die Bewegung vor sich geht, läßt sich durch einen ganz sinnreichen Apparat beweisen.

Fig. 429.

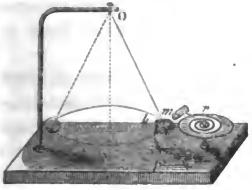


Fig. 429 stellt einen gebogenen Draht, an welchem eine Kugel in der Richtung der Schwere *oo* hängt. Aus dieser Richtung kann sie nach *m* abgelenkt werden, woselbst eine Stütze *S* angebracht ist, welche ihr gestattet, sich an sie zu lehnen und mit dem Faden

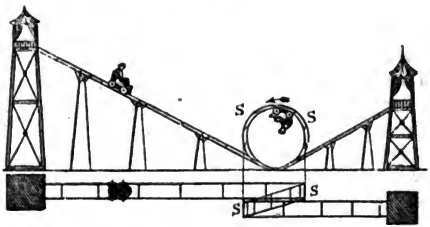
Digitized by Google

in der Richtung om zu verharren. Daneben steht ein Hammer r, durch eine starke Spiralfeder schwebend erhalten. Wenn man diese Feder zurückbiegt und dann plötzlich losläßt, so schlägt der Hammer an die Kugel und wäre sie nicht an einem Faden aufgehängt, sondern etwa mit Wachs auf die Stütze S geklebt, so würde sie von dem Hammer in der Richtung mp fortgetrieben werden. Dies ist genau die Tangente zu dem Kreise, welchen die Kugel beschreibt, da sie durch den Faden gehindert wird, in der Richtung mp fortzuschreiten.

Selbst auf der Erde, wo die Schwere sehr störend allen Versuchen über Centralbewegungen in den Weg tritt, hat doch die Centrifugalkraft eine so bedeutende Wirkung, daß man ein scheinbar sehr halsbrechendes Kunststück auf Grund derselben gefahrlos ausführen könnte.

Unter dem Namen der Centrifugaleisenbahn wurde in vielen großen Städten vor einigen Jahren ein Apparat gezeigt, welcher in Fig. 430 skizzirt ist.

Fig. 430.



Man sieht rechts und links zwei Thürme, von denen der eine beträchtlich niedriger ist, beide sind durch eine Eisenbahn verbunden, welche in der Mitte eine Schlinge SS hat. Der Thurm links ist 30 Fuß, der Kreis 18 und der zweite Thurm 14 Fuß hoch. Diese Maße sind nicht gerade nothwendig, man kann sie abändern, aber nicht nach Belieben, sondern nach Versuchen, denn nur wenn die Höhenverhältnisse ganz richtig sind, ist die Sache gefahrlos, wie gefährlich sie auch aussehen möge.

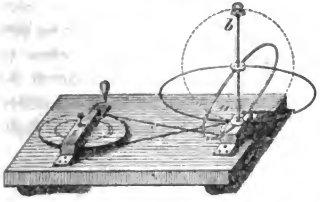
Unter dem Pavillon des Thurmes links, des höchsten, steht ein kleiner vierrädriger Rollwagen, in welchem ein Mann sitzt, der zwischen seinen Füßen einen offenen Eimer mit Wasser hat. Er nähert sich dem schrägen Abhange der Bahn, bis er den horizontalen Boden unter sich verliert und auf der schrägen Fläche herabrollt. Dies geschieht bei 30 Fuß Fall mit einer solchen Vehemenz, daß er in der Schlinge SS angekommen (sie ist

Digitized by Google

unter der Fig. 430 im Grundriß gezeichnet, damit man sehe, wie die Bahn neben, nicht in einander verläuft) in dieser aufsteigt, ganz verkehrt hängt, auf der anderen Seite wieder herunter läuft und endlich den künstlichen Berg hinauf bis zu dem kleinen Pavillon gelangt.

Durch den Schwung, welchen der Fall dem Wagen mit seiner Last giebt, wird derselbe in dem Kreise umher getrieben, ohne daß der Mann herausfällt, ohne daß aus dem Eimer ein Tropfen Wasser ausfließt. Ein Experiment, welches man übrigens ohne so große Kosten machen kann, indem man einen kleinen Eimer mit Wasser füllt, an den Henkel eine Schnur bindet, ihn nun zuerst in Pendelschwingungen und dann in eine völlige Kreisbewegung versetzt, wie man es mit einer Schleuder macht; je schneller die Schwingungen erfolgen, desto weniger fließt etwas aus dem Gefäß.

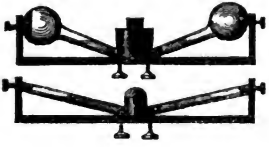
Fig. 431.



Die Wirkungen der Centralkräfte darzustellen, hat man Maschinen erdacht, von denen die einfachste hier gegeben wird, sie besteht aus einem Fußgestell, auf welchem ein Rad horizontal drehbar, durch eine Schnur eine Rolle in Bewegung setzt, auf deren Axe man verschiedene Apparate befestigen kann, um an ihnen das Verlangte zu zeigen. Setzt man z. B. auf die Axe der Rolle einen Becher (Fig. 432), welcher zur Hälfte mit Wasser gefüllt ist und läßt man ihn um sich selbst schwingen (die Axe der Rolle und die Axe des Bechers müssen natürlich zusammenfallen), so höhlt sich nach und nach die Wasserfläche aus und das Wasser steigt an den Wänden in die Höhe. Ist der Becher gestaltet, wie ihn die Fig. 432 zeigt, nach oben immer weiter werdend, so entweicht bei schnellerer Drehung das Wasser ganz und gar, es sucht nämlich den immer weiteren Raum, die Centrifugalbewegung hat das Uebergewicht und da die Wandung des Glases nicht mehr Widerstand leistet, so wird das Wasser umher geschleudert.

Fig. 432.

Fig. 433.



Haben die Aufsatzapparate die Gestalt der Fig. 433, so läßt sich auch

Digitized by Google

anschaulich machen, wie viel das Gewicht zu dem Experimente beiträgt. In dem unteren der beiden Apparate sieht man zwei Röhren mit Wasser, in der einen schwimmt eine Korkkugel, in der anderen liegt eine Steinkugel am Boden. Beim raschen Drehen schwingen die Röhren sich um den Mittelpunkt der Schwere, nach welchem hin Wasser und Kugel mit mehr oder minderer Energie streben. Alsbald steigt das Wasser und nimmt die obere Stelle der Röhre ein, die Luft steht unten, wo das Wasser gestanden hat, allein auch die Korkkugel, welche früher oben schwamm, befindet sich jetzt bei der Luft unter dem Wasser und die kleine Marmorkugel ist gestiegen, sie befindet sich ganz oben über dem Wasser, als ob sie darauf schwimme.

Man macht das Experiment auch so, daß man in jede der Röhren etwas Quecksilber, etwas Wasser und etwas Oel gießt, beim Drehen verwechseln die Flüssigkeiten ihre Stelle, das Quecksilber schwimmt oben, darunter steht das Wasser, dann folgt das Oel und ganz unten ruht die Luft.

Hat der Apparat die Einrichtung der oberen Figur, d. h. enden die Röhren in Kugeln, welche höher stehen als die Röhren, so sammelt sich alles Wasser in den Kugeln und zwar in den äußersten Theilen derselben, wo die dunklere Schattirung die Stelle angiebt, an welche die Flüssigkeit sich anlehnt.

Läßt man die Röhren weg und spannt zwischen die Enden des Gestelles, welches dieselben trägt, einen Draht, auf welchem Kugeln von gleichem Gewicht laufen, so werden sie (durch eine Schnur an einander gehalten) die Stelle, welche man ihnen anweist, nicht verlassen, so lange beide gleich weit von den Drehungspunkten sind, sobald aber eine Kugel weiter von der Axe entfernt ist, so geht sie gegen die Außenseite und reißt die andere mit sich fort, weil sie eine größere Tangentialkraft hat als jene. Sind die Kugeln ungleich, so reißt immer die schwere die leichte mit sich fort, einen Fall ausgenommen, den nämlich, daß ihre Entfernungen vom Mittelpunkte im umgekehrten Verhältniß zu ihrem Maße stehen; ist a 7 mal so schwer als b und steht b 7 mal so weit vom Mittelpunkte als a, so haben beide ganz gleiche Kraft und halten sich das Gleichgewicht. Die Masse, multiplicirt mit der Geschwindigkeit, ist der Ausdruck des Effectes, den ein Körper übt. Eine Paßkugel von 48 Pfund an eine Festungsmauer gelehnt, zerdrückt kein Sandkörnchen, ein Baumwollpfropf von ¼ Pfund Gewicht, ein Gummiball mit Luft gefüllt, von 2 Loth Gewicht, aber mit einer Geschwindigkeit von 600 Fuß in der Secunde gegen die Festung geschossen, thut ihr auch nichts; die 48pfündige Kugel aber, mit einer Schnellig-

Digitized by Google

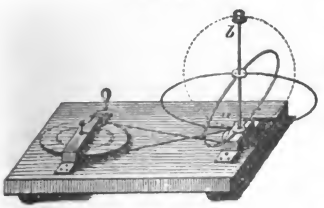
keit von 600 Fuß in der Secunde gegen die Mauer geschossen, durchbohrt dieselbe.

So hier in dem Experiment, in welchem die kleinere Kugel der großen nicht nur Widerstand leisten, sondern sie sogar mit sich fortreißen kann. Die große Kugel wiegt 14 Loth und ist 2 Zoll weit vom Drehungspunkte entfernt, die kleine Kugel wiegt 2 Loth, ist aber 14 Zoll vom Centrum entfernt. 2 mal 14 ist 28, in beiden Fällen ist das Moment (so nennt man dieses Product aus Masse und Geschwindigkeit) ganz gleich; ist aber die 2 Loth schwere Kugel 16 Zoll und die 14 Loth schwere wie vorher 2 Zoll vom Mittelpunkt entfernt, so reißt die kleinere die große mit sich fort, denn ihr Moment 2.16 ist größer als das Moment der großen 14.2.

Im Falle der Gleichheit beider Momente dient diese Maschine auch zur Erläuterung der Bewegung der Planeten um ihren Centralkörper, man wird sehen, daß der Mittelpunkt der Bewegung, der gemeinschaftliche Schwerpunkt, um welchen sich beide Kugeln drehen, nicht in der Mitte der größeren liegt, auch wenn sie noch so ausgedehnt wäre, sondern immer seitwärts, ja daß er, wenn der Unterschied beider Kugeln nicht sehr groß ist, außerhalb derselben fällt und um so mehr nach der Mitte zwischen beiden, je weniger die Kugeln von einander verschieden sind.

Kehren wir nochmals zu der Centralmaschine zurück, so können wir dieselbe in Thätigkeit setzen, um uns einen Aufschluß über die Gestalt der Weltkörper, welche Rotation haben, zu geben. Alle Beobachtungen derselben haben gezeigt, daß ihre Gestalt nicht kugelförmig ist, daß sie in der Gegend der Drehungsaxe eingedrückt, in der Gegend des Aequators aufgetrieben sind. Wir sehen hier den Grund. Stillstehend haben die beiden flach gedrückten Reifen, aus federndem, hart gehämmertem Messing gemacht, die Form des punktirten Kreises, auf dessen Axe *ab* sie stehen. Sobald man die Handhabe des Rades bewegt und dadurch die Reifen in Drehung versetzt, platten sie sich immer mehr ab, bis sie eine so niedrige Lage haben, wie die Fig. 434 angiebt.

Fig. 434.



Es hängt dies ganz von der Schnelligkeit der Bewegung ab, darum sehen wir auch den Jupiter, der sich ungefähr in 10 Stunden um seine Axe dreht, viel stärker abgeplattet als die Erde oder die Venus, welche sich

Digitized by Google

bei viel geringerer Ausdehnung doch erst in 24 Stunden um sich selbst drehen. Man glaubt sogar (und nicht ohne Grund), daß die Ringe des Saturn ein Product dieser Drehung und der dadurch erweckten Centrifugalkraft sind; es kommt nämlich nur darauf an, ob die Schwere gegen den Hauptkörper der Fliehkraft das Gleichgewicht halten könne. Bei einem nassen Schleifstein, bei einem auf schmutziger Straße rollenden Wagenrade sieht man Wasser oder Schmutz in großer Masse umher fliegen, stets in ganz gerader Linie, den Tangenten zu dem Kreise des Rades entsprechend, erst später gekrümmt, wo die Schwere mitwirkt. Hier ist nur die Adhäsion zu überwinden, allein bei starker Drehung werden ganz andere Kräfte überwunden. Der Verfasser stand dabei, wie in einer Gewehrfabrik zu Danzig ein Schleifstein von 6 Fuß Durchmesser, durch eine Dampfmaschine getrieben, in einige 20 große und unzählige kleine Stücke zersprang, welche zwei gegenüberstehende Wände des Hauses wie dagegen geschleuderte Bomben zertrümmerten. Zum Glück war der Arbeiter, welcher Gewehrläufe abschleifen sollte, einen Augenblick vorher fortgegangen, sonst wäre derselbe zu Brei zermalmt worden.

Die Centrifugalkraft wirkt wie bei den Steinen der Cohäsion, so bei den Planeten der Schwere entgegen. Die Schwere ist am Aequator der Erde durch die Rotation um ein 289stel geringer als an den Polen. Würde die Axendrehung der Erde immer schneller werden, so würde die Schwere immer geringer, und würde die Erde sich in 1½ Stunde um ihre Axe drehen, statt in 24, so würde die Schwere am Aequator aufhören, unsere Tänzer würden dort Stunden lang in der Luft schweben können, oder wohl gar an Leinen gehalten werden müssen, damit sie nicht davon fliegen, man würde nichts nach dem Gewicht verkaufen können, denn nichts würde etwas wiegen, man müßte Fleisch und Butter, man müßte Käse und Wurst nach Kubikzollen kaufen, Ducaten und Louisd'ores würde man mit dem Zollstock messen und das Getreide ginge nicht mehr nach 86 Pfund und 85 Pfund pro Scheffel, sondern nach so und so viel Millionen Körnern in demselben Maß.

Drehte sich die Erde noch etwas schneller, so zerplatzte entweder der Schleifstein in einige 40 Planetoiden (wie man vermuthet, daß die Planeten Juno, Ceres, Pallas, Vesta, Flora u. s. f. dadurch entstanden sind, daß ein größerer Planet, welcher zwischen Mars und Jupiter lief, zersprang) oder es entsteht ein Ring, wie der Saturn deren drei hat, indem die Massen, welche unter dem Aequator liegen und der Schwere nicht mehr gehorchen, sich von dem Planeten trennen und in solche Entfernung weichen, daß die

Digitized by Google

Centrifugalkraft und Gravitation wieder in das erforderliche Gleichgewicht treten.

Bewegung.

Wir haben jetzt bereits Mancherlei über einzelne Bewegungen gesagt, über den Fall, über Wurfbewegung u. s. w., allein das Wort Bewegung ist noch nicht definirt worden. Der alte Gehler sagt darüber: „Bewegung ist Veränderung des Ortes oder der Zustand eines Körpers, indem er seinen Ort ändert. Es gehört nicht hierher, die metaphysischen Begriffe von Raum, Ort und Bewegung aus einander zu setzen oder die Zweifel zu heben, welche die Sceptiker der Wirklichkeit der Bewegung entgegengesetzt haben! Uns ist genug, daß wir durch alle unsere Sinne an den Körpern unzählbare Veränderungen ihres Ortes wahrnehmen, daher der Ausdruck „„ein Ding bewegt sich““ auch dem gemeinsten Menschen verständlich ist. Alle Veränderungen in der Körperwelt geschehen durch Bewegung, ohne welche die ganze Natur todt und unwirksam sein würde, daher kann der Naturforscher die Bewegung als ein unstreitiges, durch unzählbare Beobachtungen erwiesenes Phänomen annehmen, ohne sich in metaphysische Labyrinthe zu verirren, in welchen er wenig, für das Wohl seiner Mitmenschen Brauchbares zu finden hoffen darf; und wenn er seine Unwissenheit über die Natur und den Ursprung der Bewegung offenherzig gestehen muß, so kann er sich dagegen rühmen, das eigentlich Brauchbare, die Gesetze der Bewegung, ziemlich genau zu kennen.“

Indem der Verfasser seine vollkommenste Zustimmung zu diesem, eines wahren Naturforschers würdigen Worten giebt und sich zu demselben Glauben bekennt, will er auch nicht über den Grund der Bewegung und über das, was Bewegung sei, ein Wort verlieren, sondern nur die Gesetze der Bewegung möglichst faßlich darzustellen suchen.

Wir bestimmen den Ort, in dem sich ein Körper befindet, durch seine Lage gegen andere Gegenstände. Wo sich die Lage eines Körpers gegen andere ändert, da nehmen wir Bewegung an; Beharren eines Körpers in derselben Lage nennen wir Ruhe. So scheint uns der Horizont zu ruhen, weil er gegen uns selbst und gegen die irdischen Gegenstände immer einerlei Lage behält. Aendert sich die Lage zweier Gegenstände gegen einander und glauben wir, auf irgend einen genügenden Grund gestützt, daß der eine dieser Gegenstände in Ruhe geblieben sei, so schreiben wir dem anderen Bewegung zu.

Digitized by Google

Der Horizont ruht nach unserer Meinung; die Sonne, der Mond, die Sterne steigen daran auf und ab, so schreiben wir ihnen Bewegung zu, welche sie gar nicht einmal haben, ein Kind in einem Kahne auf ruhigem Wasser glaubt sich selbst ruhend und sieht die Bäume mit Schnelligkeit an sich vorüberlaufen, welches beim Wenden oder Drehen des Schiffes so außerordentlich täuschend wird, daß selbst erwachsene Menschen sich nur mit Mühe dieser Täuschung erwehren. Wenn am sonst klaren Himmel leichte, zerstreute Wölkchen, durch einen Schleier verbunden, am hell scheinenden Monde vorüber fliehen, so macht es auf uns den Eindruck, als segle der Mond hinter den stillstehenden Wolken vorbei, und als habe er rechte Eile, um seine Reise zu vollenden.

Wir unterliegen also hier vielen Täuschungen, und es muß jedesmal, daß eine solche uns bewußt oder nicht bewußt sich aufdrängende Täuschung vorkommt, erst ausgemacht werden, welcher der Körper der bewegte ist, oder ob vielleicht beide sich bewegen oder keiner, und wir diejenigen sind, welche die Bewegung, in der wir uns befanden, auf Körper außer uns übertragen. In vielen Fällen ist dies ganz leicht, in anderen ist es so schwer, daß viele Jahrtausende darüber hingegangen sind, bevor die Wahrheit durchdrang, und daß es so großer Männer, wie Kopernicus und Kepler bedurfte, um die Wahrheit an's Licht zu ziehen, ja daß nach einem Kopernicus, noch ein Tycho kommen konnte, der auf sorgfältige Beobachtungen gestützt, die Lehre des ersteren verläugnete, indeß aus eben diesen Beobachtungen ein Kepler die Richtigkeit derselben bewies. Ein jeder meiner Leser weiß, daß hier die Bewegung der Erde um ihre Axe und um die Sonne gemeint ist, welche man sonst, durch den Augenschein getäuscht, in eine Bewegung des gestirnten Himmels alltäglich, und der Sonne sowohl täglich als jährlich um die Erde, verwandelte.

Hat man sich nun von den Täuschungen losgemacht und eine Bewegung als eine wirkliche, nicht scheinbare erkannt, so hat man die Ursache der Bewegung, die Masse, welche bewegt ist, die Richtung der Bewegung, den Raum, der durch den bewegten Körper zurückgelegt oder durchlaufen worden ist, die Zeit, in der dies geschieht, die Geschwindigkeit, mit der es geschieht, und aus allem diesen die Größe der Bewegung zu betrachten.

Ursache der Bewegung.

Wir haben bereits bemerkt, daß wir die Ursache des Entstehens oder des Aenderns einer Bewegung nicht kennen, daß sie in einer tiefen Dun-

Digitized by Google

kelheit verborgen liegt. Daß eine Ursache da sein müsse, liegt auf der Hand, denn Bewegung und Ruhe sind zwei verschiedene Zustände eines Körpers, und es ist ganz unmöglich, daß ein Körper den Zustand, in welchem er sich befindet, ohne Ursache ändere. Wir nehmen auch bei den meisten Aenderungen des Zustandes der Körper die Ursachen wahr, wenn wir schon die Natur dieser Ursache nicht kennen und nicht wissen, wie sie es machen, daß aus Ruhe Bewegung und aus Bewegung Ruhe wird.

Eine der wichtigsten, und auch uns in ihren Wirkungen scheinbar verständlichsten, und zunächst liegenden Ursachen ist die Kraft der Menschen und Thiere. Wir bewegen durch einen Entschluß, welcher aus unserem Willen hervorgeht, und durch Nerven und Muskeln vermittelt wird, unsere Glieder, unseren ganzen Körper, und andere Körper, welche auf irgend eine Weise mit dem unsrigen verbunden sind. Der Tagelöhner schiebt den Karren vor sich her oder zieht den Wagen hinter sich nach, er hebt eine Last und trägt dieselbe, der muthwillige Knabe wirft einen Stein, spielt mit seinem Ball. Lauter Bewegungen, welche der Mensch macht und anderen Dingen mittheilt. Das Thier thut ganz Aehnliches, das Pferd zieht den Wagen, der Esel trägt eine Last, Rennthier und Hund laufen vor dem Schlitten und ziehen denselben hinter sich — wie es scheint aus derselben Ursache, nur nicht wie der Mensch aus eigenem Willen, sondern auf fremden Willen, auf den Willen des Herrn der Erde, des Menschen.

Was hier von dem Menschen oder den Thieren geübt wird, ist eine Kraft, und da diese Kraft eine so reichhaltige Quelle von Bewegung ist, so hat man diesen Namen auf die Ursache der Entstehung und Aenderung von Bewegungen übertragen, und nennt Kraft dasjenige, was Bewegung vermittelt, hervorbringt, ändert. — Wir sind aber damit der Ursache selbst nicht im Geringsten näher gerückt, wir haben blos die Worte „Ursache der Bewegung" in das Wort „Kraft" übersetzt — es ist so als haben wir auf polnisch „Moz" oder auf französisch „force" geschrieben, was auch Kraft heißt, wodurch aber der Begriff Kraft so wenig erklärt ist, wie der Begriff „Ursache der Bewegung" durch das Wort „Kraft".

Wenn ein bewegter Körper auf einen anderen trifft, so setzt er denselben mit in Bewegung, wenn er ruhete, oder er ändert seine Bewegung, wenn derselbe bereits in Bewegung war, oder er kommt an diesem Körper in Ruhe, wenn derselbe zu groß war, um bewegt zu werden, dies aber ist eigentlich eine Täuschung, die Bewegung auch des größten Körpers durch einen kleinen findet statt nur im Verhältniß der Größe der beiden Körper, ist der ruhende hunderttausendmal so groß als der bewegte, so wird die Bewegung desselben hunderttausendmal so gering sein, als die des anstoßenden,

Digitized by Google

d. h. sie ist unmerklich für uns, und deßhalb sagen wir denn, sie ist nicht vorhanden, während sie für ein Infusionsthierchen, das einen Theil dieses Körpers bewohnt, ein Erdbeben ist.

Man nennt den Act „Mittheilung der Bewegung", und diese Mittheilung ist es fast immer, was wir als Ursache der Bewegung ansehen. Wenn ein Billardqueue auf eine Kugel stößt und sie forttreibt, und diese auf eine zweite Kugel stößt und sie gleichfalls forttreibt, so ist hier überall Mittheilung der Bewegung, nicht Ursache; der Queue ist nicht Ursache des Stoßes, sondern der Arm des Menschen, und dieser ist nicht Ursache der Bewegung, sondern als Wille des Menschen seine Kraft zu einem Stoße zu verwenden.

Man nimmt leicht wahr, daß in diesen Fällen die Bewegung der Billardkugel, des geworfenen Steines, des rollenden Wagens, ihre Ursachen in etwas Aeußerlichem, nicht dem Körper, der bewegt wird, Innewohnendem haben, es ist ein äußerer Einfluß da, der den Stein, die Billardkugel bewegt, aber auch die Hand, in welcher scheinbar dieser äußere Einfluß seinen Sitz hat, ist es nicht, welche die Bewegung verursacht, denn sie würde sich an einem todten Körper nicht mehr regen, ja auch an einem Lebenden nicht ohne den Willen dieses Lebenden. Die Bewegung entspringt offenbar aus dem Entschlusse des Menschen.

Nun giebt es aber auch Bewegungen, bei denen eine äußere Ursache ihres Entstehens nicht so klar auf der Hand liegt. Die Erde dreht sich um ihre Axe, der Mond läuft um die Sonne und zugleich um die Erde, der frei gelassene Stein fällt zur Erde, ja der dieser Richtung entgegen, aufwärts geschleuderte Stein giebt diese Bewegung auf, und nimmt eine andere, die des Falles an, ohne daß man eine äußerliche Ursache wahrnehmen könnte.

Da indessen Ursachen vorhanden sein müssen, und alle solche Ursachen Kräfte heißen, so sagt man, der Stein werde durch eine Kraft gegen die Erde getrieben, die Erde durch eine Kraft um ihre Axe gedreht, man darf diese Ausdrucksweise wohl beibehalten, wenn man nur nicht vergessen will, daß darin keine Erklärung zu suchen ist.

Ueber den Begriff Trägheit oder Beharrungsvermögen haben wir bereits gesprochen, und wir wollen nur wiederholen, daß die Fortdauer der Bewegung eines Körpers, nachdem die Ursache der Bewegung aufgehört hat auf ihn zu wirken, von diesem Beharrungsvermögen herrührt — hat ein Weltkörper einmal einen Anstoß bekommen, so setzt er die daraus resultirende Bewegung fort, ohne Aufhören, bis etwa eine andere Ursache ihm entgegen tritt, ein Weltkörper, der in entgegengesetzter Richtung bewegt, ihm

Digitized by Google

in seiner Bahn begegnet. Was auf der Erde die Bewegung der Körper verzögert, trotz ihres Beharrungsvermögens, der Widerstand des Mittels, dies fällt im Weltraume fort.

Betrachtet man die Gesetze der Bewegung, so muß vor allen Dingen die bewegte Masse erwogen werden, weil die Größe der Bewegung von dieser abhängt. Einen Stein von zehn Pfund eine gewisse Strecke zu werfen, fordert unstreitig doppelt so viel Kraft als einen Stein von 5 Pfund eben so weit zu werfen — es ist also bei jeder Bewegung die Masse oder das Gewicht des bewegten Körpers von um so größerer Bedeutung als die erforderliche Kraft zur Bewegung wächst, auch wenn das Gewicht scheinbar aufgehoben ist, als Beispiel mag nicht ein Stein dienen, welcher geworfen werden soll, denn hier kann man nicht wohl zweifelhaft sein, da ein Jeder das vermehrte oder verminderte Gewicht des Steins in seiner Hand fühlt, sondern es sei eine Kugel oder ein Stein aufgehängt, oder er liege auf einer Unterlage. Um eine so ruhende Masse, deren Schwere compensirt ist, zu bewegen, bedarf man einer gewissen Kraft — und um doppelt so große und eben so unterstützte Massen zu bewegen, bedarf man einer doppelt so großen Kraft als vorher.

Um aber einen richtigen Vergleich zwischen zwei Bewegungen machen, um sie schätzen, gegen einander abwägen zu können, muß man noch die Geschwindigkeit kennen, in welcher die Bewegung vollzogen wird, erst hieraus kann man den möglichen Nutzeffect erkennen. Jede Bewegung fordert Zeit, auch die schnellste Bewegung durch den kleinsten Raum fordert Zeit. Die Erde durchläuft in ihrer Bahn in einer Secunde 4 deutsche Meilen, oder genauer 94,644 Fuß Rheinl., um also einen einzigen Fuß zu durchlaufen, braucht sie sehr wenig Zeit, aber doch Zeit, nämlich $\frac{1}{100000}$ Sekunde, und um einen Zoll zu durchlaufen braucht sie noch weniger Zeit, aber doch braucht sie Zeit, nämlich $\frac{1}{1000000}$ Secunde, und wenn man ihr dieses, einen Milliontheil von Secunden, für den Zoll nicht gewährt, so kann sie ihre 4 Meilen in einer Stunde, und ihre 140 Millionen Meilen in einem Jahre nicht zurücklegen.

Geschwindigkeit ist kein positiver, sondern ein durchaus relativer Begriff. 4 Meilen in einer Secunde laufen ist sehr geschwinde, doch ist 40,000 Meilen, wie sie das Licht macht, oder 60,000 Meilen, wie sie die Elektricität macht, noch viel geschwinder, und 1050 Fuß, wie sie der Schall in der Luft macht, und 600 Fuß, wie eine Kanonenkugel sie durchläuft, sind nicht langsam, sondern nur langsamer.

Wenn wir nun irgend eine Last, mit irgend einer Geschwindigkeit bewegt, als Einheit annehmen (eine solche Feststellung ist ganz beliebig), so

Digitized by Google

haben wir ein Vergleichsmaaß, nach welchem wir andere Bewegungen oder bewegende Kräfte messen können. Die Maschinen, welche wir haben, werden hinsichts ihrer Leistungen immer auf Pferdekräfte zurückgeführt, vielleicht weil die ältesten Maschinen durch Thiere bewegt wurden — die Mühlen wenigstens wurden zuerst durch Menschen, dann durch Pferde betrieben, und aus diesen wurden erst später, mit der erweiterten Mechanik, die Wasser- und die Windmühlen — daß die Dampfmaschinen eine Erfindung der neuesten Zeit sind, braucht nicht erst gesagt zu werden.

Wenn nun aber irgend eine Kraft einer Maschine geschätzt werden soll, so beurtheilt man sie nach dem, was ein gesundes Pferd leisten kann, und man nennt das eine Pferdekraft. Der Zahlenausdruck dafür ist höchst eigenthümlich und fast Jedem unverständlich, bis man durch Erklärungen darauf geführt wird, daß er zwar ganz richtig sei, aber doch sonderbar bleibe. Eine Pferdekraft ist diejenige Kraft, welche erforderlich ist, 36,000 Pfund in einer Minute einen Fuß hoch zu heben, hier ist Masse, welche bewegt werden soll — 36,000 Pfund, hier ist Raum, 1 Fuß, und hier ist Zeit, in welcher es geschehen soll, so weit alles ganz gut, aber ein Jeder, dem diese Sprache nicht geläufig ist, wird doch sagen — Unsinn, spannt nicht ein Pferd, sondern 10 an die 36,000, so werden sie auch in einem ganzen Vierteljahr dieselben nicht einen Fuß hoch bringen — das Mißverständniß rührt blos von der Zusammenstellung der Factoren her, man will mit 1 multipliciren, weil dieses das Leichteste ist, einmal zehn ist zehn — das bedarf keiner weiteren Rechnung. Nehmen wir statt der beiden Factoren 1 und 36,000 lieber 100 und 360, so wird die Sache sofort viel leichter faßlich, wenn schon eine Rechnung nöthig wird. Daß ein Pferd nämlich 360 Pfund in einer Minute 100 Fuß hoch hebt, glaubt ein Jeder, er wird sogar zugeben viel mehr, wiewohl er Unrecht hat.

Auf die Secunde zurückgeführt, heißt es: ein Pferd an ein Seil gespannt, welches über eine Rolle hängt und ein Gewicht von 200 Pfund trägt, kann, wenn z. B. dieses Gewicht, ein Eimer mit Erz, in einem mehrere hundert Fuß tiefen Schacht hängt, denselben durch horizontal ausgeführten Zug (wie das Pferd am Wagen zu ziehen pflegt), in jeder (nicht bloß in einer) Secunde, um drei Fuß heben. Dies ist wieder ganz genau dasselbe, als das Obige, es heißt 600 Pfund einen Fuß und heißt auch 36,000 Pfund eben so hoch in einer Minute heben, denn 3mal 200 ist 600, und in der Minute sind 60 Secunden, also 60mal 600 — was genau 36,000 beträgt.

„Das Pferd hebt 200 Pfund in einer Secunde 3 Fuß" oder „36,000 Pfund in einer Minute einen Fuß", sind ganz gleich bedeutende Ausdrücke,

Digitized by Google

sie müssen für unsere Leser jedoch noch etwas deutlicher auseinander gesetzt werden.

So wenig Jemand glaubt, ein Pferd hebe 36,000 Pfund in der Minute, so gewiß ist er, daß es mehr als 200 Pfund in der Secunde hebt, d. h. zieht. Ja auf einem Wagen, welcher Räder hat, worauf also die Last ruhet, und das Pferd nichts weiter zu thun hat als die Reibung zwischen Axe und Nabe zu überwinden — nicht aber auf die vorhin beschriebene Art, über eine Rolle; diese Art allein ist gemeint. Auf einem Wagen verhält sich die Kraft zu der Last wie der Durchmesser der Axe zum Durchmesser des Rades. Je größer dieser Unterschied ist, desto leichter ist der Wagen zu ziehen, daher die eisernen Axen so vortheilhaft. Hat die Axe 4 Zoll Durchmesser und das Rad 4 Fuß, so ist das Verhältniß wie 1 zu 12, man wird also auf solchen Wagen 12 Centner setzen, und sie mit dem Kraftaufwand von einem Centner fortziehen können. Hat dagegen die Axe 2 Zoll Durchmesser und das Rad 4 Fuß, so ist das Verhältniß wie 1 zu 24, d. h. man schafft die 12 Centner mit dem Aufwand von ½ Centner Kraft von der Stelle, darum werden muthige Pferde so leicht unartig vor einer Kutsche, sie fühlen keine, ihrer Kraft angemessene Last hinter sich, und darum sind Pferde, die sechs Jahre lang nichts als die Kutsche ihres Herrn gezogen haben, gar nicht brauchbar für den Lastwagen, es gefällt ihnen nicht, statt der Last, mit welcher sie spielten, eine Last hinter sich zu haben, welche ihre Arbeitskräfte ernstlich in Anspruch nimmt.

Hiervon also kann bei der Schätzung einer Maschine nach Pferdekräften gar nicht die Rede sein, sondern lediglich von dem, was im horizontalen Zuge gehoben werden kann (über eine Rolle, wie oben beschrieben), und in diesem Sinne sagt man, die Maschine hat 40 Pferde Kraft, oder wie große Schiffsdampfmaschinen, 600 Pferde Kraft, oder wie kleine Maschinen, Modelle — ½ oder ¼ Pferde Kraft — diesen letzten Theil einer Pferdekraft pflegt man gewöhnlich eine Menschenkraft zu nennen. Hierbei ist auch das Multipliciren der Leistung mit der Anzahl der leistenden Thiere oder Menschen nichts Unsinniges. Wenn ein Pferd in 3 Stunden 2 Meilen geht, so gehen 100 Pferde in 3 Stunden nicht 200 Meilen, wie Jemand, der große Eile hatte, annehmen zu können meinte, da ihm der Postbeamte auf die Frage, wie lange er mit Extrapost von Berlin nach Potsdam fahre (es gab damals noch nicht Eisenbahnen), antwortete, mit 2 Pferden 4 Stunden, mit 4 Pferden aber zwei Stunden, er rechnete schnell weiter, also mit 8 Pferden eine Stunde, mit 16 Pferden eine halbe Stunde, mit 32 Pferden eine viertel Stunde, mit 64 Pferden brauche ich gar nicht einzusteigen!

Digitized by Google

Bei der Arbeit ist es wirklich so, 4 Menschen werden mit einer Klafter Holz in der Hälfte der Zeit, 8 Menschen in einem Viertheil der Zeit fertig wie 2. Eine Last, welche für ein Pferd zu groß ist, wird von zweien bewältigt, und 6 Pferde zweckmäßig angespannt, können sechsmal soviel ziehen als eins, wenn schon nicht sechsmal so geschwinde.

Unsere Leser mögen diese Auseinandersetzung festhalten, sie ist für die ganze Lehre von den Maschinen und ihren Leistungen von Wichtigkeit.

Die Bewegung ist eine absolute, wenn der Körper seinen absoluten Ort verläßt, d. h. seinen Ort im Weltraum — die Bewegungen auf der Erde sind alle nur relativ, aber die Weltkörper, welche in dem Weltraum eine Stelle einnehmen, diese Stelle verändern, haben eine absolute Bewegung, nicht bloß die Erde und die Planeten, sondern auch die Sonne und die übrigen Fixsterne haben eine solche absolute Bewegung. Ebenso haben diese Körper auch eine eigene Bewegung, die wir sehr wohl bemerken neben der allgemeinen (scheinbaren) Bewegung, welche sie mit allen Sternen theilen, jeder Planet, jeder Comet rückt unter den Sternen mit jedem Tage an einen anderen Ort, dies ist seine eigene Bewegung.

Einfache Bewegung ist eine solche stets geradlinige Bewegung, welche von einer Kraft oder von mehreren gemeinschaftlich in gleichem Sinn wirkenden Kräften, oder von zwei einander diametral entgegengesetzt wirkenden Kräften hervorgebracht wird. Der freie Fall ist eine einfache Bewegung, der Wagen, der von 4 Pferden nach einer Richtung gezogen wird, hat eine einfache Bewegung, man nennt die Bewegung sogar noch einfach, welche ein Projectil hat, das senkrecht aufwärts, der Richtung der Schwere entgegengesetzt, abgeschossen wird, solcher Körper geht in einer geraden Linie aufwärts und fällt in einer geraden Linie abwärts. Geradlinige Bewegung fällt mit dem Begriff: einfache Bewegung, beinahe vollständig zusammen.

Gemeinschaftliche Bewegung haben alle Dinge auf der Erde, in Beziehung zu der Bahnbewegung und Axendrehung der Erde, alle Körper theilen diese Bewegung mit dem ganzen Erdkörper, gemeinschaftliche Bewegung haben alle Bewohner eines Schiffes, besonders Nachts, wenn sie schlafen, denn so lange sie wachen, macht ein Jeder außer der allen gemeinschaftlichen Bewegung noch seine eigenen für sich. Schrotkörner aus einer Flinte geschossen, oder Kartätschen aus einer Haubitze, haben, so lange sie beisammen sind, eine gemeinschaftliche Bewegung.

Die Bewegung eines Körpers ist gleichförmig, wenn sie in keiner Zeit irgend eine Aenderung erleidet. Ob es eine solche gleichförmige Bewegung in aller Strenge giebt, dürfte sehr zweifelhaft sein, doch so viel als in der Körperwelt möglich, haben die Planeten dieselbe, sie drehen sich in

Digitized by Google

ganz genau bestimmten Zeiten um ihre Axe, und bewegen sich in genau ermittelten Zeiträumen um ihren Centralkörper, dennoch ist eine vollkommene Gleichförmigkeit auch in der Bahnbewegung nicht vorhanden, sie wird in der Zeit der Sonnennähe schneller, zur Zeit der Sonnenferne langsamer, und sie unterliegt Störungen durch benachbarte Planeten. Die Kometen sind nicht hierher zu rechnen. Die sehr excentrischen, mit 400jähriger Umlaufszeit machen in der Sonnennähe 10 und mehr Meilen in der Secunde, gehen über zu 5, zu einer und zu einer halben Meile, und machen in der Sonnenferne nur ein paar tausend Fuß in der Secunde, auch noch weniger, je nachdem der Unterschied zwischen Sonnennähe und Sonnenferne ist; beträgt dieser nur 100, d. h. ist er in der Sonnenferne 100mal so weit von seinem Hauptgestirn als in der Sonnennähe, so geht eine Bewegung von 4 Meilen in der Sonnennähe über in eine Bewegung, welche langsamer ist als die des Schalles, so daß man also dem vorbeieilenden Kometen bequem einen Abschiedsgruß würde nachrufen können, und derselbe vernommen werden müßte, da der Schall ihn einholt.

Ob die Monde zu den Körpern gezählt werden können, welche eine gleichförmige Bewegung haben, dürfte bezweifelt werden — einmal werden dieselben in gleichem Sinne mit ihren Planeten um die Sonne geführt, ein ander Mal müssen sie vor dem Planeten vorbei, und dann werden sie von dem Planeten überholt, welcher sie, die Monde, an einem unzerreisbaren Seile fest zurückhält, hinter sich herum schleudert, da wird wohl nicht viel Gleichförmigkeit der Bewegung sein, dagegen ist die Axendrehung der Planeten bis auf Theile einer Secunde unveränderlich, und es hat auch die größere oder geringere Entfernung von der Sonne hierauf keinen Einfluß, sie drehen sich in der Sonnennähe nicht schneller als in der Sonnenferne.

An diese Axendrehung geknüpfte Bewegungen mechanischer Kunstwerke haben noch am meisten das, was man eine gleichförmige Bewegung nennt, also gute Uhren, die Minuten-, die Stundenzeiger gehen einen gleichmäßigen Gang, von dem Secundenzeiger ist dies gewöhnlich nicht zu sagen, er geht ruck- oder sprungweise.

Für gleichmäßige Geschwindigkeiten giebt es einige Sätze, welche man sich merken muß.

Wege oder Räume, die in einerlei Zeit zurückgelegt werden, verhalten sich wie die Geschwindigkeiten, d. h. wenn ein Weg, in einer Secunde zurückgelegt, dreimal so groß ist als ein anderer Weg, in derselben Zeit zurückgelegt, so wird die Geschwindigkeit, mit welcher der Körper den ersten Weg zurücklegt, dreimal so groß sein als die Geschwindigkeit, mit welcher der andere Körper den anderen Weg zurücklegte.

Digitized by Google

Zeiten, in denen gleiche Wege durchmessen werden, verhalten sich umgekehrt wie die Geschwindigkeiten, d. h. wenn der Schall 1000 Fuß in einer Secunde durchläuft, und eine Flintenkugel durchläuft 1000 Fuß in 2 Secunden, so verhalten sich die Zeiten umgekehrt wie die Geschwindigkeiten, die Geschwindigkeit des Schalles ist zweimal so groß als die Geschwindigkeit einer Flintenkugel.

Außer der gleichförmigen Bewegung giebt es nur noch die ungleichförmige Bewegung, allein diese kann beschleunigt, kann verzögert, und kann Beides, wieder gleichförmig oder ungleichförmig sein.

Für ungleichförmig beschleunigte oder verzögerte Bewegung giebt es keine Gesetze, wie schon in dem Worte ungleichförmig liegt; die gleichförmig beschleunigten oder verzögerten Bewegungen haben wir aber noch zu betrachten.

Beschleunigung ist die Zunahme der Geschwindigkeit, mit welcher ein Körper sich bewegt, wir können eine Rakete mit beschleunigter Bewegung steigen lassen, wenn der Satz, welcher sie treibt, immer stärker wird; eine Büchsenkugel hat eine gleichmäßige Bewegung, eine Rakete zwar auch gewöhnlich, allein durch obige Veränderung ihrer Füllung wäre es möglich, ihr eine immer stärkere Beschleunigung zu geben — ob diese Beschleunigung eine gleichmäßige wäre, will der Verfasser nicht gesagt haben. Eine Uhr hat eine gleichmäßige Bewegung, nimmt man aber die Unruhe heraus, so wirkt die Feder, sich mehr und mehr ausdehnend, mit immer stärkerer Beschleunigung auf die Räder, dieselben fliegen immer schneller umher, und das Experiment würde wahrscheinlich mit der Zerstörung der Uhr enden. In der Natur kommt als Beispiel einer gleichförmigen Beschleunigung die Bewegung des freien Falles der Körper vor.

Wenn man den Begriff der gleichförmigen Beschleunigung in aller Schärfe auffassen will, so genügt vielleicht auch die Schwere nicht, es ist möglich, daß der Zusatz, den ein fallender Körper in jedem Augenblicke zu seiner Geschwindigkeit durch die Anziehung der Erde erhält, stoßweise gegeben wird — es ist möglich — aber wenn es ist, so sind die Zeiträume, in denen es geschieht, zu klein, so sind die Stöße, welche hinter einander ertheilt werden, so überaus häufig und klein, daß sie sich aller Wahrnehmung entziehen, und es ganz unmöglich ist, wahrzunehmen, wo der Zusatz zur vorhandenen Bewegung beginnt, und wo zu dem Zusatz ein neuer Zusatz kommt, wir haben also Grund anzunehmen, daß die Bewegung des freien Falles eine gleichförmig beschleunigte sei, wie es auch immer geschieht, denn was sich bei der größten Aufmerksamkeit und bei den vollkommensten Beob-

Digitized by Google

achtungswerkzeugen doch unserer Wahrnehmung entzieht, das ist für uns nicht da.

Wir können sehr gut beschleunigte, verzögerte und gleichmäßige Bewegungen hervorbringen, ob sie aber den Begriffen in aller Schärfe entsprechen, ist doch sehr zu fragen.

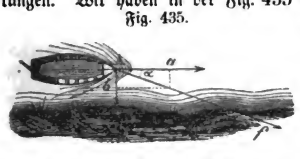
Aus einem mit Wasser gefüllten Cylinder strömt, durch eine Oeffnung in der unteren Wand, dieses Wasser in einem dünnen Strahle aus; diese Bewegung ist gleichmäßig verzögert, denn das Wasser in dem Cylinder wird immer weniger, der Druck ist immer geringer, das Wasser fließt immer langsamer aus.

Sei der Cylinder gefüllt, und ströme Wasser unten aus, oben aber gerade so viel ein, als unten ausströmt, so ist die Bewegung des unten abfließenden Wassers gleichmäßig. So fließt auch ohne Nachfallen der Sand in einer Sanduhr, bei welcher es gleichgültig ist, ob die Sandsäule hoch oder niedrig, indem die kleinen Körnchen nicht, wie das Wasser, auf einander drücken, da sie doch nicht flüssig sind.

Ist der Cylinder für das Wasser leer, und fließt von oben Wasser gleichmäßig zu, aber doppelt oder dreimal soviel, als unten ausfließt, so wird während des Fließens doch das Wasser im Cylinder steigen, und durch den so erhöheten und immer mehr erhöheten Druck der Wassersäule in dem Cylinder wird das Wasser unten schneller und immer schneller ausfließen. Die Schwere bewirkt solche Beschleunigung oder Verzögerung ohne Zuthun irgend einer besonderen Bedingung — beschleunigt wird der fallende Körper, verzögert der aufsteigende.

Die zusammengesetzte Bewegung ist eine solche, in welcher mehrere Kräfte auf einen und denselben Körper wirken, aber nach verschiedenen Richtungen. Wir haben in der Fig. 435 einen Kahn, welcher in der Richtung des Pfeiles a stromaufwärts getrieben werden soll, indessen ihn der Strom nach der entgegengesetzten Richtung führt. Wir haben keine Mittel, ihn in der Richtung $A\,a$ fortzuschaffen, wäre dieses, so würden wir eine einfache Bewegung haben, wir müssen auf dem Ufer ein paar Leute oder ein Pferd haben, welche jedoch weiter nichts können, als in der Richtung $A\,f$ ziehen — dann würde der Kahn sehr bald an das Land gelangen, statt stromaufwärts zu gehen, wir müssen nun dem Steuer eine solche Richtung geben, daß der Strom dieses gegen das Ufer, und also die Spitze des Kahnes in den Strom, vom Ufer fort treibt, dadurch er-

Fig. 435.



Digitized by Google

reichen wir unseren Zweck. Die Bewegung zerfällt nun in zwei verschiedene. Der Zug Af treibt den Kahn, sowohl in der Richtung a als in der b fort, man nimmt die Linien, welche vor dem Kahne gezeichnet sind, als Parallellogramm der Kräfte. In der Richtung der Linie Af wirkt die eine Kraft, sie bildet die Diagonale des Parallelogramms, diese Kraft muß zerlegt werden in zwei andere, welche durch die Pfeile Aa und Bb ausgedrückt sind, von denen eine dem Strom entgegengesetzt, die andere dem Ufer zugerichtet ist, diese letztere wird in jedem Augenblick vernichtet durch die Stellung des Ruders oder durch die Anstrengung der Ruderer in dem Kahn. Von der Kraft also, welche in der Richtung Af angewendet wird, bleibt nur dasjenige als Nutzeffect übrig, was in der Richtung a liegt, dieß ist um so größer, je senkrechter der Zug ist, je spitzer der Winkel α wird, bei einem Strome und dem auf demselben zu ziehenden Schiffe bewirkt man dieses durch ein möglichst langes Seil; wäre Af kürzer, so würde der Winkel α größer, wäre es länger, so würde er kleiner sein, wie ein Jeder leicht durch ein paar Bleistiftstriche sich selbst beweisen kann. Da der Schiffszieher nicht Mathematik versteht, so weiß er auch von dem Parallelogramm der Kräfte nichts, er weiß nur aus Erfahrung, daß, je länger das Seil ist, an welchem er zieht, eine um so leichtere Arbeit er hat. Die Wahrnehmung ist richtig, in der Verkleinerung des Winkels liegt der Grund.

Umgekehrt können zwei Kräfte unter einem Winkel auf einen Körper wirken, dann haben wir auch das Parallelogramm und dessen Zusammensetzung umzukehren. Gesetzt, der Kahn würde von einem Pferde in der Richtung Aa gezogen, und von zwei Menschen in der Richtung Ab, und das Pferd zöge dreimal mehr als die beiden Menschen, so würde, um die Richtung zu bestimmen, welche der Kahn unter diesen Umständen nehmen wird, Ab eine gewisse Länge, Aa aber eine dreimal so große bekommen. Aus diesen Linien würde man nun ein Parallelogramm zusammensetzen, und darin die Diagonale Af ziehen; dieses würde die Richtung sein, in welcher die beiden Kräfte vereint auf den Kahn wirken, und die Diagonale selbst oder ihre Länge von dem einen Winkel zum anderen wäre auch zugleich der Ausdruck der Größe der Bewegung, welche die beiden Kräfte a und b hervorbringen.

Es darf dies natürlich ein jeder andere Körper, nicht bloß ein Kahn, sein, welcher so getrieben oder gezogen wird; das Gesetz, nach dem der Trieb aber geschieht, ist unter allen Umständen dasselbe.

Digitized by Google

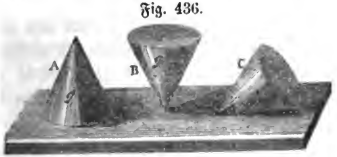
Der Schwerpunkt.

Mehr ein mathematischer Begriff als ein physikalischer Gegenstand, läßt sich der Schwerpunkt *nicht zeigen*, denn er ist nicht Etwas, sondern vielmehr ein Ort. Man kann sich die Schwere eines jeden Körpers in einem Punkte vereinigt *denken*. In ganz regelmäßigen Körpern von ganz gleicher Masse liegt er in der Mitte. Wenn man in einer Kugel ein halbes Dutzend Durchmesser zieht, so werden sich alle schneiden — da wo sich dieselben schneiden ist der Mittelpunkt der Kugel und auch der Schwerpunkt derselben. Ein Kubus wird dasselbe zeigen; wenn man aus jeder Ecke nach der gegenüber liegenden eine Linie zieht, so wird man vier Diagonalen bilden, sie schneiden sich sämmtlich im Mittelpunkte, und dort, wo sie sich schneiden, ist der Schwerpunkt des Würfels.

Ganz anders ist es mit einer Bombe, einem Ringe, hier liegt in beiden Fällen der Schwerpunkt gar nicht innerhalb der Massen des Körpers, sondern in der Luft, welche die Bombe erfüllt, in der Scheibe, die innerhalb des Ringes liegt — doch, weil die Körper ziemlich regelmäßig sind, auch noch in der Mitte, aber bei eigentlich unregelmäßigen Körpern auch nicht mehr.

Die Fig. 436 zeigt einen Kegel in drei verschiedenen Lagen, wo liegt da der Schwerpunkt. Annähernd läßt es sich noch bestimmen. Man suche den Mittelpunkt des Kreises, der die Basis des Kegels bildet und ziehe von hier nach der Spitze eine Linie, die Axe des Kegels. In dieser Axe liegt der Schwerpunkt S — aber wo? das kommt auf die Länge und die Breite des Kegels an.

Fig. 436.



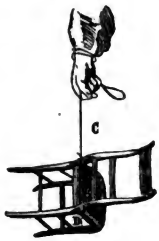
Wenn der Schwerpunkt unterstützt ist, so ruht der Körper sicher, also ruht der Kegel A auf seiner Basis, der Kegel C liegt auf der Seite, auch da ist der Schwerpunkt unterstützt, und er liegt ruhig, wenn schon sehr viel leichter beweglich, weil der Schwerpunkt nur durch eine Linie, nicht durch eine Fläche unterstützt ist, am schlechtesten wird der Kegel B ruhen, denn sein Schwerpunkt ist nur in einem Punkt unterstützt. Er ruht, weil er ringsumher im Gleichgewicht ist, dieses schwankende und wankende Gleichgewicht nennt man das *mobile*, dagegen das des Kegels A das stabile.

Digitized by Google

Ein so unregelmäßiger Körper, wie ein Stuhl, Fig. 437 und 438, hat einen kaum zu bestimmenden Schwerpunkt, man sieht auch in der ersten Figur denselben ganz anders hängen als in der zweiten. Er ist durch eine Leine an der Lehne gehalten und hängt schräg herunter, die Linie AB zeigt, in welcher Richtung der Schwerpunkt zu finden sei, aber keineswegs wo in dieser Linie. Der Stuhl in der zweiten Figur hängt quer vor die Linie, welche durch die Verlängerung der Leine, an welcher er hängt, erhalten wird, CD zeigt auch die Richtung an, in welcher er liegt, aber weiter nichts; bringt man den Stuhl in zehn verschiedene Lagen, so wird man, um ihn ruhend zu haben, ihn immer an anderen Orten befestigen müssen.

Fig. 437.

Fig. 438.



Je näher der Unterstützungspunkt dem Schwerpunkte ist, desto sicherer steht der Körper, desto leichter ist er zu unterstützen, je höher der Schwerpunkt über der Unterstützung liegt, desto schwerer. Wir sehen in Fig. 439 einen schwer bepackten Postwagen. Ist er beladen, wie es die Gesetze der Physik erfordern, liegt das Geld und alles Metall, liegen sonstige schwere Gegenstände unten bei G, so fällt die senkrechte Linie von dem Schwerpunkte nach dem Mittelpunkte der Erde gezogen, so fällt das Loth zwischen die Räder, und wie gefährlich die Lage des Wagens auch scheinen möge, er steht noch sicher. Hat die thörichte Hand des Conducteurs aber das Schwere nach oben gebracht, weil ihm der bevorstehende Regen nicht schadet, dagegen die Hauben und Putzschachteln in dem trockenen Wagen nach unten, so liegt der Schwerpunkt nunmehr bei g und die Lothlinie des Schwerpunktes fällt außerhalb der Räder, der Wagen stürzt um, „nichts kann ihn retten vom tiefen Fall", und die Hauben und Hüte werden nicht allein naß, sondern die Besitzerin auch und bricht sich vielleicht noch Arme und Beine.

Fig. 439.

Ist man im Stande, den Schwerpunkt unter den Unterstützungspunkt zu bringen, so ist an kein Fallen zu denken, denn der schwerste Theil des

Digitized by Google

Fig. 440.

Körpers sucht ja eben die niedrigste Stelle einzunehmen, welche zu erreichen ist und hat man diese Bedingung durch die Kunst, durch die Einrichtung des aufzustellenden Gegenstandes erfüllt, so bleibt der Natur nichts zu thun übrig, sie will ihre Gesetze zur Geltung bringen, bringt es der Mensch selbst dahin, so ist eine Aenderung überflüssig und die Natur thut nie etwas Ueberflüssiges. Die Fig. 440 zeigt einen Seiltänzer, welcher entweder ein paar Drähte *ab* mit Bleikugeln beschwert an seinem Leibe befestigt oder, was natürlicher aussieht, sie als Balancirstange in der Hand hat. Er steht auf einer schmalen Säule *g* und auf dieser Säule steht er auf der Zehenspitze, und dennoch fällt er nicht, ja man kann ihn schwenken und die wunderlichsten Bewegungen machen lassen, er wird nicht fallen, weil der Schwerpunkt, welcher zwischen die beiden Kugeln etwa bei *g* fällt, niedriger liegt als der Unterstützungspunkt, worauf seine Zehenspitze steht. Natürlich wird eine so aufgestellte und eingerichtete Figur Schwingungen machen, ehe sie zur Ruhe kommt und die Größe dieser Schwingungen, so wie die Schnelligkeit derselben wird von dem Verhältniß abhängen, welches die Figur zu den Kugeln hat; je mehr die Gewichte über und unter dem Schwerpunkt verschieden sind, desto schneller die Schwingungen, je mehr sie sich einander nähern, desto langsamer. Auf einer solchen beweglichen Verschiedenheit beruht der Taktmesser der Musiker.

Auf dieser Geschicklichkeit, den Schwerpunkt zu finden und richtig zu unterstützen, beruhen viele der auffallendsten Kunststücke der Jongleurs, wie z. B. dasjenige, was Fig. 441 (S. 120) zeigt. Auf vier Flaschen ruht eine Art Tischfuß, auf dessen Mitte eine Flasche steht, Alles leicht und mobil genug. Der Jongleur steigt auf zwei der untenstehenden Flaschen, dann auf den etwas breiten Fuß, von diesem erhebt er sich durch einen Sprung und faßt dabei mit beiden Sohlen die obenstehende einzelne Flasche und läßt sich so von ihr tragen. Sobald er nun das Gleichgewicht gefunden, läßt er sich die Stäbchen und Teller geben, setzt einen nach dem anderen in schwingende Bewegung und macht es so möglich, indem er neben seinem eigenen Schwerpunkt auch immer den der anderen Gegenstände berücksichtigt, nicht nur wie hier zu sehen drei Teller, sondern zehn und mehr in kreisender Bewegung zu erhalten.

Digitized by Google

Fig. 441.

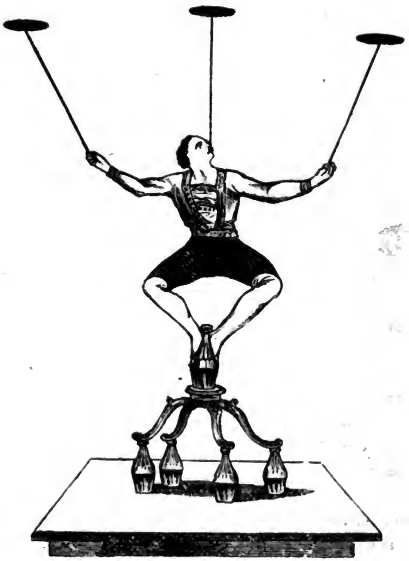
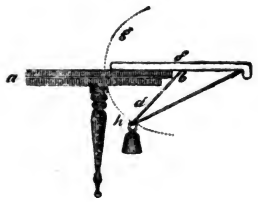


Fig. 442.

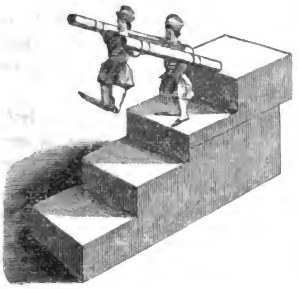


Soll das Gewicht *h* an die Leiſte *f* gehängt werden, welche halb auf dem Tiſche liegt, halb darüber hinaus ſteht, ſo wird dies nicht gelingen, denn der Schwerpunkt iſt nicht unterſtützt; nimmt man aber eine Schnur *bd* von der Länge wie das Stück der Leiſte, welches auf dem Tiſche liegt und ſtützt man durch ein Stäbchen das Gewicht gegen das Ende der über dem Tiſch hinausragenden Leiſte, ſo kann daſſelbe nicht fallen, denn der Schwerpunkt liegt jetzt nicht unter *b*, ſondern über *h* und um zu fallen, müßte entweder

Digitized by Google

die Leiste den Bogen *g* beschreiben, dann müßte das Gewicht steigen, oder den Bogen *h*, dies verhindert der Tisch.

Fig. 443.



Die chinesischen Purzelmännchen stehen in der Stellung, welche sie in der Fig. 443 einnehmen, im Gleichgewicht, sie sind an den Armen durch zwei Röhren mit einander verbunden, in denen Quecksilber beweglich, jetzt unten liegt. So wie man das vordere frei schwebende Männchen herniederbringt, läuft das Quecksilber nach vorn, giebt durch seine Schwere und die Schnelligkeit seiner Bewegung, durch sein Moment den Doppelröhren solch einen Schwung, daß sie nach vorn über fallen und das Männchen, welches jetzt hinten steht, kommt dadurch nach vorn und steigt eine Stufe weiter herab, worauf es ganz auf dieselbe Weise das bisher vor ihm schwebende, nunmehr hinter ihm stehende Männchen über sich hinweg hebt und beide so die Treppe hinabsteigen, auch wenn sie 20 Mal länger wäre.

So lange der Schwerpunkt einfach unterstützt war, so lange fand vollkommenes Gleichgewicht statt, bei dem Absteigen handelt es sich immer um Wechsel des Schwerpunktes und dadurch um Veränderung der Stellung, bis endlich auf ebenem Boden das Pärchen in der hier angegebenen Stellung zur Ruhe kommt.

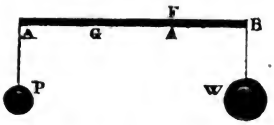
Gleichgewicht.

An die Unterstützung des Schwerpunktes schließt sich natürlich und ordnungsgemäß das Gleichgewicht, welches nichts weiter ist als eben Unterstützung des Schwerpunktes.

Irgend ein beliebiger Körper, der in einer Lage verweilt, welche vielleicht nicht ganz natürlich scheint, z. B. schwebend auf einer Schneide, ein Lineal, ein Löffel über einen ausgespannten Draht gehängt, kann in dieser Lage nur verharren, wenn sein Schwerpunkt unterstützt ist und dies kann nur stattfinden, wenn seine beiden Theile im Gleichgewicht sind.

Digitized by Google

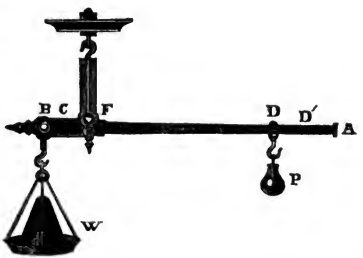
Fig. 444.



Das Lineal AB ist ungleich beschwert mit P und W, man legt dasselbe auf eine scharfe Kante F und schiebt es so lange hin und her, bis es ganz ruhig darauf liegen bleibt. Daß dabei die Seite G länger ist als die andere, ist ganz gleichgültig, es ruht, es ist im Gleichgewicht, sein Schwerpunkt ist unterstützt.

Dieser unterstützende Punkt heißt das Hypomochlium, das Lineal heißt ein Hebel und die Längen AF und BF heißen die Hebelarme, und in dem vorliegenden Falle ist der Hebel ein ungleicharmiger. Benutzt man einen solchen, um damit Sachen zu wiegen, so heißt das Ding eine Schnellwage, man sieht wohl, daß hier ganz dasselbe vorliegt, wie in der vorigen Zeich-

Fig. 445.



nung, mit dem einzigen Unterschiede, daß der Punkt F ein unveränderlicher ist, dafür aber ist das Gewicht P auf dem längeren Arm AF zu verschieben und so gleicht sich dieser Unterschied wieder aus.

Die Art des Wägens ist diese: an den kürzeren Hebelarm FB hängt man die Last W; an einem Haken hängt der Hebel in einem festen Punkte F unterstützt, auf dem längeren Arme FA befindet sich ein Haken D, verschiebbar, er trägt das Gewicht P, welches immer das kleinere und ein- für allemal bestimmt ist, nicht wechselt. Dieses Gewicht schiebt man an dem längeren Hebelarm so lange hin und her, bis Gleichgewicht da ist.

Um nun practischen Gebrauch davon, um aus dem doppel- und ungleicharmigen Hebel eine Wage zu machen, hängt man an den kürzeren Hebelarm

Digitized by Google

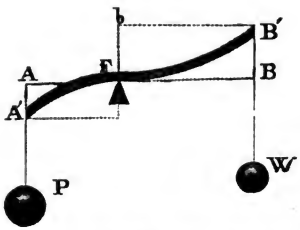
die Schale W mit einem Pfund, man verschiebt nun das Gewicht P, bis es im Gleichgewicht mit dem anderen steht. An diesen Punkt schreibt man eine 1, nun setzt man 2 Pfund in die Schale und verfährt mit dem Gewicht P wie vorhin, schreibt an die Stelle, wo dieses mit dem anderen im Gleichgewicht steht, eine 2 und so kann man weiter fortfahren, oder man kann auch die Entfernung von 1 bis 2 mit einem Zirkel wiederholt auf die Länge FA abtragen und bei jedem neuen Schritt eine um eine Einheit größere Zahl setzen.

Fig. 446.

Beim Wiegen muß Gleichgewicht stattfinden und der lange Hebelarm muß die Richtung der punktirten Linie, muß die horizontale Lage haben; schlägt die Wage wie hier aus, so ist auf der Vorderseite zu viel und der Verkäufer thut sich einen um so größeren Schaden, je ferner das Laufgewicht von dem Unterstützungspunkte ist; der Käufer will freilich immer einen Ausschlag der Wage zu seinen Gunsten, allein bei einer Schnellwage ist dies Verlangen unbillig.

Auf die Form des Hebels kommt es dabei gar nicht an, z. B. der Hebel Fig. 447 ist wie ein flaches S gestaltet. Es wird alsdann nicht die krumme Linie $A'FB'$, sondern die gerade Linie AFB in in Betracht gezogen, eben so braucht der Unterstützungspunkt F nicht allezeit unter dem Hebel zu sein, er kann auch seinen Platz über dem Hebel haben, wenn die Richtung der Last und der Kraft es verlangt, eben so ist gar nicht nöthig, daß der Hebel zwei Arme habe. Die Fig. 448 u. 449 (S. 124) zeigt einen solchen, wo das Hypomochlium F ganz an einem Ende und oben ist und wo mithin nicht von zwei Armen die Rede sein kann, sondern beide Kräfte an demselben Hebelarm, aber nach verschiedenen Richtungen wirken (bei einem zweiarmigen Hebel ist die Richtung der Kraft und der Last immer dieselbe, hier sind sie nothwendig entgegengesetzt), das schwere Gewicht P zieht vermöge einer Schnur, die über eine Rolle geht, den Hebelarm FA in die Höhe; das Gewicht W zieht

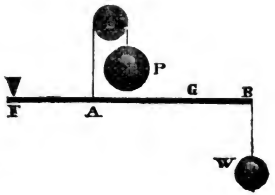
Fig. 447.



Digitized by Google

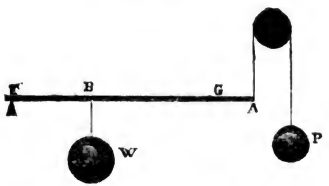
dagegen den längeren Hebelarm $F B$ herab. Auch hier findet zwischen zwei ganz ungleichen Kräften Gleichgewicht statt, so wie daſſelbe ſtattfände,

Fig. 448.



wenn die Rolle mit dem aufwärtsziehenden Gewichte am Ende, und das ſchwere Gewicht abwärts gehend näher am Unterſtützungspunkte angebracht wäre, wie die Fig. 449 zeigt.

Fig. 449.



In dieſer Anwendung der verſchiedenen Hebelarme liegt der außerordentliche Vortheil, den ſie beim practiſchen Gebrauch geben, man kann ſie einarmig und zweiarmig machen und iſt durch geſchickte Anwendung im Stande, die ungeheuerſten Laſten damit zu heben, was auch ſchon vor mehr als 2000 Jahren Archimedes ausſprach in ſeinem „gieb mir einen Stützpunkt, ſo will ich die Erde aus ihrer Stelle heben.“

Der Steinſetzer will mit ſeinem eiſernen Hebel den Block Fig. 450 (S. 125) bewegen, fortſchaffen; er ſetzt unter ihm den Geißfuß an, mit ſeiner geſpaltenen Schärfe unter a, legt bei o einen Stützpunkt, eine Leiſte unter und drückt bei b mit der Hand den Stiel des Geißfußes nieder. oa iſt der kürzere Hebelarm, ob der längere, beträgt die Länge des Letztern

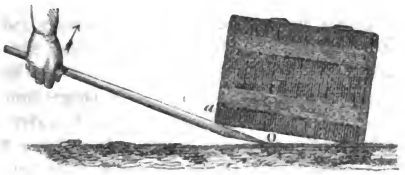
Digitized by Google

zehnmal die Länge von oa, so bewegt er mit einer Kraft von 50 Pfund bei b, die Summe von 5 Centnern bei a.

Fig. 450.

Eben so mit dem einarmigen Hebel, wo o (Fig. 451) wieder der Stützpunkt ist, der aber nicht zwischen a und b liegt, sondern ganz auf eine Seite gerückt ist. Der Geißfuß, weit genug unter den Klotz geschoben, bildet hier den einarmigen Hebel, auf a ruht die Last, also auf dem kürzeren Theile des Hebelarmes, an dem längeren wirkt die Kraft der Hand.

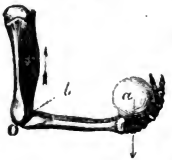
Fig. 451.



In beiden Fällen soll der Stein gehoben werden, die Pfeile neben der Hand deuten an, ob die Kraft in gleichem oder in entgegengesetztem Sinne wirken muß; das erstere ist bei einarmigen, das andere bei zweiarmigen Hebeln der Fall.

Die Natur verfährt ganz nach denselben Principien, da es ihr aber mehr auf rasche Bewegungen als auf Ersparniß von Kraft ankommt, so wendet sie den Hebel umgekehrt an, sie läßt die Kraft an dem kürzeren Hebelarm wirken. Fig. 452 zeigt das Knochengerüst eines menschlichen Armes, derselbe ist in einem rechten Winkel gebogen und hält die Kugel a in der hohlen Hand. Die Kugel strebt abwärts dem Pfeile nach, sie soll aber aufwärts gehoben werden, dazu dient der Hebelapparat des menschlichen Armes; bei o ist sein Stützpunkt, bei b ist der Muskel angesetzt, der sich in der Gegend des

Fig. 452.

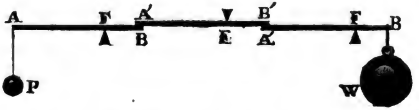


Digitized by Google

Pfeiles zusammenzieht und dadurch den Arm in der Richtung des Pfeiles emporhebt. Der Muskel muß zwar eine 20 Mal größere Kraft anwenden, allein er bewirkt auch eine 20 Mal größere Bewegung, als wenn die Last bei *b* hinge und etwa von *a* nach dem Schultergelenk oben Sehnen liefen, deren Zusammenziehung oder Anspannung das Heben besorgte, abgesehen von der Entstellung, die der Körper durch solch einen Bezug von Schnüren erleiden würde.

Man kann auch wieder durch Hebel auf Hebel wirken, das giebt dann zusammengesetzte Apparate, aber sie sind immer von derselben Wirkung und geben Anlaß zu sehr schönen, vortheilhaften Apparaten. Fig. 453 zeigt einen solchen zusammengesetzten Hebel. Die große Last *W* ist bei *B'* auf-

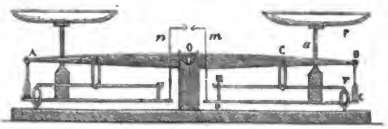
Fig. 453.



gehängt, bei *F* ist das Hypomochlium. *FA'*, der längere Hebelarm, wird hier nicht durch ein Gewicht, sondern durch einen kürzeren Arm des zweiten Hebels niedergedrückt, *B'F'*, dieses *F'* stützt sich gegen eine Widerlage, die darüber angebracht worden und der dazu gehörige längere Arm *F'A'* drückt dagegen aufwärts. Aber dies Aufwärtsbewegen wird wieder durch einen Hebel bewerkstelligt, dessen Stützpunkt bei *F*, dessen kürzerer Arm *FB* ist und an dessen längerem Arm *FA* schließlich die Kraft in dem kleinen Gewichte *P* wirkt.

Solch ein zusammengesetztes Hebelwerk, nicht gerade in eine lange Linie ausgedehnt, doch ebenfalls verschieden auf und ab wirkend, sehen wir in Fig. 454. *AB* ist der in der Mitte bei *o* unterstützte gleicharmige Hebel,

Fig. 454.



welcher, wenn nichts anderes dabei wäre, eine einfache, gleicharmige Wage geben würde. Allein an den beiden Enden *A* und *B* befinden sich nicht Wageschalen, sondern es gehen Gelenke davon abwärts von *B* nach *C*. An den Armen *OB* (natürlich eben so an den anderen Armen) hängt bei *G*

Digitized by Google

ein zweiter gleicharmiger Hebel EF, hieran aber ein dritter DC, auf welchem die Wageschale P steht. Diese Zusammenstellung hat zur Folge, daß der Hebel DC immer parallel mit sich selbst auf und ab steigt; indessen der Wagebalken beim Wägen sich schräg stellt, bleibt durch die eigenthümliche Aufhängungsart DC immer ganz gerade, in Folge dessen steigt auch der Stift a, auf welchem die Wageschale P steht, ganz gerade auf und ab, die Wageschalen werden niemals schräg; aber weil der Träger a fest auf DC steht und mit demselben immer nur gerade auf und ab steigt, kann man auch das Gewicht und den zu wiegenden Gegenstand auf die Wageschale legen, wohin man will; dies hat keinen Einfluß auf das Gleichgewicht.

Um endlich zu sehen, ob dies Letztere erlangt ist, sind an dem äußersten Ende des dritten Hebels DC aufrecht steigend und bei n und m in einem rechten Winkel umgebogene Pfeile zu sehen, welche ihre Spitzen so nahe zu einander kehren, daß man ganz leicht sehen kann, ob sie einander genau gegenüberstehen. Ist dies der Fall, so sind die beiden Schalen, belastet oder nicht, im Gleichgewicht. Diese Robberwall'sche Wage wird nun in ein Gehäuse eingeschlossen, so daß ihre Mechanik nicht zu sehen ist und dient dann als höchst bequemer Apparat für Apotheker, Conditoren, Gewürzkrämer ꝛc., fordert keinen Ständer, kann überall hin geschoben werden und leistet an Genauigkeit, was man irgend will.

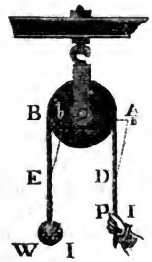
Auf ähnlichen Grundsätzen, auf Vervielfältigung der Hebel, die gleich der in Fig. 454 angedeuteten Art auf einander wirken, ist auch die Brückenwage gebaut, die man von der Eintheilung der Gewichte Decimalwage nennt, die man aber eben so gut Centesimal- oder Millesimalwage nennen dürfte, indem es welche giebt, die nicht bloß das Zehnfache, sondern das Hundert- und Tausendfache von dem angeben, was das Gewicht anzeigt, wie man an den eigentlichen Brückenwagen sieht, solchen nämlich, die neben dem Zollhause in dem Raum des Straßenpflasters eingelassen sind und auf welche, wie auf eine flache Brücke, der Wagen mit seiner ganzen Ladung fährt, durch 3—4 Pfund bei 30—40 Centner, durch 10 Pfund bei 100 Centner abgewogen wird, worauf nach dem Abladen das Gewicht des leeren Wagens abgezogen und so die Ladung ziemlich genau ermittelt wird. Auf Packhöfen, in Magazinen sind sie sehr gebräuchlich und sehr bequem, denn sie nehmen kaum den sechsten Theil des Raumes einer Gleiches leistenden großen Wage ein, wie sie sonst allgemein verbreitet waren.

Digitized by Google

Rolle.

Wir haben bei Fig. 448 und 449 bereits ein Instrument in Gebrauch gehabt, welches man Rolle nennt und welches so ziemlich ein Jeder kennt, ohne doch zu wissen, worauf seine Wirkung beruht. Es ist nämlich ein

Fig. 455.



gleicharmiger Hebel von kreisförmiger Gestalt, AB ist seine Länge, in der Mitte ist sein Unterstützungspunkt und da die beiden Theile gleich lang sind, so ist W so groß wie P, die Last I ist der Kraft J, die nöthig ist, um sie zu heben, auch gleich; E und D sind die Linien, in denen Last und Kraft wirkt. Hätten wir nicht mit einem gleicharmigen Hebel zu thun, läge der eine Punkt bei a, der andere Endpunkt bei b, so gäbe es keine Rolle, die Wirkung derselben beruht hauptsächlich darauf, daß die Arme gleich sind und daß es folglich auch gleich ist, wie die Rolle gedreht wird, in welcher Lage sie sich immer befinde, wenn überhaupt W gleich P ist, so sind sie im Gleichgewicht, was beim Hebel nicht so, da er nicht kreisförmig, also erst in die Gleichgewichtslage, in die horizontale kommen muß.

Bei einer Rolle, wie die eben betrachtete, hat man für die Mechanik nicht eben einen großen Vortheil, es findet eine Umlenkung der Kraft statt, W soll hinauf, das bewerkstelligt man durch Herabziehen von P, was

Fig. 456.

mitunter bequem sein kann, sonst ist nichts dabei, denn um diesen Hebel zu einer Wage zu benutzen, dazu ist er nicht genau, nicht zart genug.

In Fig. 456 zeigt sich uns abermals eine Rolle, aber sie hat eine vollständig andere Bedeutung. An dem Haken des Gebälkes hängt nicht die Rolle, sondern ein Seil, an diesem Seil ist nicht das Gehänge, die Mitte der Rolle befestigt, sondern sie läuft lose und beweglich in dem Seil; die Last hängt an dem Gehänge, welches den Mittelpunkt der Rolle trägt, dasselbe ist aber nicht wie bei der vorigen nach oben gerichtet, sondern nach unten. Die Hand, welche das andere Ende des Seiles hat, zieht nicht nach unten, um die

Digitized by Google

Last zu heben, sondern nach oben, es findet also keine Verwandlung der Richtung statt, aber es ist ein anderer sehr großer Vortheil, denn diese Rolle ist wie die vorige ein Hebel, aber nicht ein gleicharmiger, sondern ein einarmiger. *B* ist der Unterstützungspunkt, *A* ist das Ende, an welchem gehoben wird, in der Mitte zwischen beiden hängt die Last *W* und weil von *B* nach *A* doppelt so weit ist, als von *B* nach der Mitte, so kommt man beim Heben dieser Last mit der Hälfte der Kraft aus; ist *W* gleich 2, so ist *P* gleich 1.

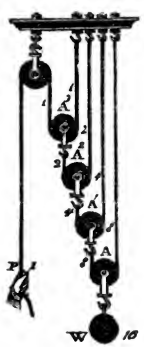
Fig. 457.

Man kann nun sehr gut zwei solche Rollen zusammensetzen, wie Fig. 457 zeigt, an der einen *BA* hängt die Last *W*, welche gehoben werden soll; die Last soll auf den Boden eines Hauses gebracht werden, dabei ist es sehr unbequem, dieses durch fortwährendes Hinaufziehen zu thun, und so wendet man die vorhin betrachtete erste Rolle an, welche dient, die Richtung der Kraft umzulenken, mittelst derselben kann man eine Last heben durch Herunterziehen. *W* an der Rolle *AB* wird also durch *P* gehoben indem die Kraft ihren Zug abwärts bewerkstelligt.

Flaschenzug

Eine solche Anordnung nennt man Flaschenzug und hat er eine An-

Fig. 458.



ordnung wie Fig. 458, so nennt man ihn Potenzflaschenzug, dann findet eine so vielmalige Halbirung der Last statt, als es Rollen giebt (die oben befestigte abgerechnet). *W* hängt an der Rolle *A*, welche gleich den drei nächsten die Aufhängungsart von Fig. 456 hat. Diese Rolle wird in ihrem zugehörigen Seile gehoben durch die Rolle A^1, diese wieder durch die Rolle A^2, diese durch die Rolle A^3.

Die fünfte Rolle kommt hier gar nicht in Betracht, sie dient nur zur Umlenkung der Richtung, wohl aber bedarf es, wenn *W* 16 Centner wiegt, nur einer Kraft von 8 Centnern, um die Last mit der einen Rolle *A* zu heben. Ist diese Last aber an die zweite Rolle A^1 befestigt, so wird von diesen 8 Centnern wieder die Hälfte erspart. Ladet man die noch übrige Last von 4 Centnern einer dritten Rolle auf,

Digitized by Google

so übernimmt dieselbe hiervon wieder die Hälfte und man kommt mit zwei Centnern Kraft aus, welche durch die vierte Rolle A^3 abermals halbirt, auf einen reducirt wird.

Nun bleibt uns noch die fünfte, unbezeichnete Rolle übrig, diese giebt uns keinen Gewinn, ob sie da ist oder nicht, wäre gleichgültig, denn sie ist ja ein gleicharmiger Hebel, der nichts an Kraft erspart, ob wir also an dem letzten Seil, das mit 1 bezeichnet ist, aufwärts ziehen oder bei P^1 abwärts, das ist ganz gleich, es kann höchstens ein Vortheil in der Anwendung der Kraft liegen, nicht mehr ein Ersparniß gesucht werden.

Bei solchem Potenzflaschenzug erspart jede Rolle die Hälfte der Kraft. Man würde mit der Kraft von einem Centner bei einer Rolle 32 Centner mehr, bei zwei Rollen 64 und bei 7 Rollen 128 Centner mehr heben, da jedoch die Wirkung solches Flaschenzuges sich nur auf sehr kurze Strecken anwenden läßt, indem die Länge der Seile sich so verhält, wie die gehobenen Gewichte und wenn das Seil 1 den ganzen Weg durchlaufen hat, das Seil 8 doch nur den sechszehnten Theil des Weges gemacht, so wendet man andere Einrichtungen an, bei denen man wenigstens nach Zurücklegung einer gewissen Strecke erst nöthig hat, das ganze Experiment von vorn zu beginnen. Dies geschieht durch den gewöhnlichen Flaschenzug, welcher hier nur mit 4 Rollen dargestellt ist, doch auch 6, 8 und mehr haben kann. Bei der Zeichnung Fig. 459 nehmen die Rollen sämmtlich nach einander um etwas mehr als die doppelte Dicke des Seiles ab, so daß die oberste Rolle im Durchmesser 2 Zoll größer ist als die unterste, diese wieder um 2 Zoll größer als die zweite von oben und diese um eben so viel größer als die vierte, vorausgesetzt daß die Seile schwächer sind als von 1 Zoll im Durchmesser. Es ist dies durchaus nöthig, weil sonst die Seile sich sehr an einander reiben und theils sich selbst zerstören würden, theils aber die natürliche Folge davon auch eine bedeutende Verringerung des Vortheils wäre, den man von dem Apparat erwartet, d. h. Verringerung des Kraftaufwandes, denn alle Kraft, welche auf das Vorbeistreifen der Seile verwendet wird, geht verloren für das Heben der Last.

Fig. 459.

Diese Anordnung hat aber auch das Unbequeme, daß bei einer bedeutenden Vermehrung der Rollen diese sowohl ungeschickt groß als auch ungeschickt klein werden, wie man aus der Fig. 460 (S. 131) sehen kann, welche einen solchen

Digitized by Google

Flaschenzug aus sechs Rollen giebt. Geht man hier zu den Massen über, welche die Wirklichkeit gebietet, so sieht man alsbald das Unpractische ein.

Fig. 460.

Die Seile, welche bedeutende Lasten heben sollen, große Balken, starke Quadersteine haben wenigstens 1½ Zoll Dicke, jede Rolle muß also um 2 Zoll jederseitig, also überhaupt um 4 Zoll größer werden als die vorige. Das giebt, wenn die kleinste mit 6 Zoll anfängt, 10, 14, 18, 22, 26 Zoll für die größten; dergleichen Scheiben spalten und brechen leicht, haben nicht die nöthige Tragkraft. Umgekehrt ist die kleinste viel zu klein, denn ein Seil von 1½ Zoll Dicke biegt sich nicht so leicht in einen so kleinen Kreis, es gehört also auch hierzu ein sehr bedeutender Kraftaufwand, zudem liegen alle Rollen bei *O* so wie bei *R* auf einer Axe und diese kann sich unter der Last, welche ihr zugemuthet wird, leicht biegen, darum vermeidet man gern zweierlei bei dem Flaschenzuge: zu viele Rollen und zu kleine. Die vielen Rollen absorbiren durch die Reibung einen gewaltigen Antheil der Kraft und man muß nicht vergessen, daß man für jede Rolle, die tragen hilft, eine mit in den Kauf nehmen muß, welche weiter nichts thut als die Richtung der Kraft zu ändern.

Statt so vieler, wie hier gezeichnet sind, nimmt man oben und unten höchstens drei, statt sie so sehr verschieden zu machen, werden sie alle gleich, etwa 8 Zoll im Durchmesser. Endlich befinden sie sich nicht in einem Gestell, wie das hier gezeichnete, lediglich aus zwei aufrechtstehenden Theilen bestehend, sondern es ist zwischen jeder Rolle und der anderen eine Scheidewand, eben so stark wie die beiden äußersten, die Rahmen bildenden Stücke, und die Scheidewand greift auch über die Axe, so daß jede Rolle ihre Axe eigentlich für sich hat und also nur ein ganz kurzes Stück frei ist, welches, da es ohnehin stark sein muß, von der daran hängenden Last nicht gebogen werden kann.

Mit diesen gewöhnlichen Flaschenzügen richtet man außerordentlich viel aus und man würde noch mehr erlangen, wenn die Biegung der Seile nicht einen eben so bedeutenden Theil der Kraft hinwegnähme, als die Reibung der Rollen an den Axen. Vortrefflich müßten deshalb Seile von Seide wirken, diese sind viel stärker, dürfen daher bei Weitem weniger dick gemacht

Digitized by Google

werden, gestatteten schwächere Rollen und würden viel länger halten. Man wendet Seide schon zu Dingen an, von denen man früher nicht geträumt hat, z. B. zu Heringsnetzen, weil sie vier bis fünf Jahre halten, indeß ein Hanfnetz nur einen Sommer hält, sie kosten zu Anfang mehr, im Ganzen jedoch weniger, denn sie kosten nicht so viel als fünf Hanfnetze. Warum sollte man nicht auch seidene Seile anwenden, falls damit Kraft zu ersparen wäre, ohne daß ein größerer Geldaufwand erforderlich, denn unzweifelhaft würde ein seidenes Seil vielleicht von dem achten Theile der Masse des hanfenen nur wenig mehr kosten als ein gewöhnliches, und dabei zehnmal so viel leisten und zehnmal so lange halten.

Rad an der Welle.

Der Hebel wird noch in einer anderen Form, als Rad an der Welle angewendet. Hier ist es der ungleicharmige Hebel, dessen man sich bedient.

Fig. 461.

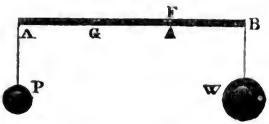
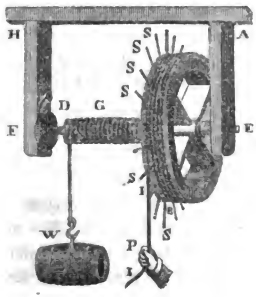


Fig. 462.



Stellen wir uns nochmals die Figur desselben vor und denken wir uns ihn geneigt, dann aber an die verlassene Stelle einen neuen gesetzt, diesen wieder geneigt und an seine Stelle wieder einen neuen in der früheren Lage gesetzt, so wird man schließlich einen großen und kleinen Stern von sehr vielen Strahlen auf demselben Mittelpunkt haben, und es wird der ganze Unterschied hinsichtlich der Wirkung darin bestehen, daß der einfache Hebel eine kurze Strecke wirkt, der so zu einem Stern zusammengesetzte Hebel aber in jeder Lage dieselbe Wirkung hat.

Fig. 462 zeigt eine solche Zusammenstellung. Der runde Baum von *F*, wo seine Axe befestigt ist, bis *E*, dem zweiten Stützpunkt, heißt Welle (ein bekannter technischer Ausdruck), diese Welle ist

Digitized by Google

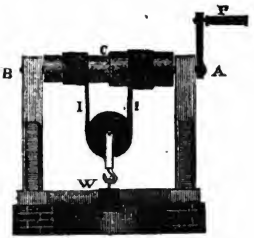
befestigt auf Stützen oder an niederhängenden Streben, wie auf unserer Figur bei HF und AE zu sehen. Dieser Baum ist bestimmt, das Seil aufzunehmen, an welchem die Last W hängen soll. An einem Ende der Welle befindet sich ein Rad, entweder mit vorspringenden Speichen SSS versehen, welche als Handhaben dienen sollen oder mit einem breiten Radkranze B und daran liegenden erhöhten Rändern, dazu bestimmt, ein zweites Seil aufzunehmen, an welchem die Kraft P, die Hand eines Menschen die Last ziehen, heben kann.

Die Last ist von dem Stützpunkt (der Axe) so weit entfernt, als die halbe Dicke der Welle beträgt. Die Kraft ist von dem Stützpunkt (in beiden Fällen die Axe der Welle) so weit entfernt, als der Umfang des Rades von dessen Mittelpunkt absteht. Ist die letzte Linie 10 mal so lang, als die erste, so wird man mit 10 Pfund Kraft bei S oder P eine Last von 100 Pfund bei W heben können.

Die Anwendung ergiebt sich im practischen Leben in unzähligen Fällen, ein jeder Kaufmann hat auf seinem Speicher eine solche Vorrichtung, die man Winde nennt, die meisten sogenannten Ziehbrunnen sind auf diese Weise eingerichtet, wie Fig. 462 zeigt, wo man die Last W, den Wassereimer an

Fig. 463.

Fig. 464.



der Welle emporsteigen sieht, indeß die Kraft P an der Handhabe (Kurbel) wirkt, die das Rad ersetzt, indem sie, mit der Axe drehbar, der Hand gestattet, in einem größeren Kreise als die Welle auf die Last zu wirken. Dieselbe Art von Bewegung sehen wir in Fig. 464, nur etwas zusammengesetzter, indem auf der Axe AB die Welle C in zwei verschiedenen Durch-

Digitized by Google

messern sitzt, so daß die Last *W*, welche an der Rolle hängt, auf dem Theil *AC* der Welle stärker aufgewickelt wird, wie auf *CB*. Hierdurch wird die Rolle, an welcher *W* hängt, in Bewegung gesetzt und so die Hälfte der Kraft schon hierdurch erspart, nun aber wirkt die hebende Kraft auch noch bei *P*, dem verlängerten Hebelarme und auf diese Weise entsteht eine neue beträchtliche Kraftersparung, welche allein der Wirkung des Hebels zu danken ist.

Bei dem Fortschaffen großer Lasten in horizontaler Richtung wendet man eine ganz ähnliche Vorrichtung an, wie Fig. 463, der Unterschied besteht nur darin, daß die Welle aufrecht steht und die Kraftäußerung nicht in verticaler, sondern in horizontaler Richtung vor sich geht, gewöhnlich auch nicht an einem Rade, sondern an zwei oder mehr durch den stärksten Theil der Welle gesteckten Hebebäumen. Auf dem Schiffe nennt man diese Vorrichtung Gangspille und es wird damit der Anker von 7000 Pfund an der Ankerkette von 20,000 Pfund aus dem Meeresgrunde emporgezogen. Auf dem Lande nennt man dieselbe Vorrichtung Erdwinde und es ist erstaunlich, was man mittelst derselben bewerkstelligen kann.

Die schiefe Ebene.

Eine noch mächtigere Potenz als der Hebel ist die schiefe Fläche, welche die Natur uns in unzähligen Fällen selbst vorbereitet. Die Erdoberfläche ist nur da, wo das Wasser vorwaltet, vollkommen eben; überall wechseln Höhen und Vertiefungen mit einander ab. Wären diese Unterschiede der Höhe über dem Meeresspiegel schroff neben einander, so wäre die Erde beinahe unbewohnbar. Bei kleinen Unterschieden, wie sie ein Haus bietet, das mehrere Geschosse hat, macht sich dies schon sehr bemerkbar, und man muß den Unterschied zwischen dem Parterre und der Belle-Etage, welcher 14 Fuß beträgt, durch 28 kleinere Unterschiede von ½ Fuß, welche man Treppenstufen nennt, zugänglich machen, mit Mühe und mit Kunst; ein Berg aber von 1000 Fuß, wie nun erst Gebirge von 4- bis 5000, von 10- und 15,000 Fuß würden aller Kunst spotten. Norddeutschland, Holland, Frankreich, das ebene Rußland würden allenfalls noch bewohnbar sein, aber schon Mitteldeutschland und Süddeutschland, welche 1500, 2000 und 3000 Fuß hoch liegen, wären Einöden, wären unerreichbar; wer vermöchte solche Treppen zu bauen, die von hier dort hinauf führten, wie nun erst mit den höheren Alpengegenden, wie nun erst mit den Plateaus von Südamerika und Mittelasien.

Digitized by Google

Da hat die Natur die schiefe Ebene, die geneigte Fläche erfunden und zwar auf zweierlei Wegen, auf dem festen und dem flüssigen. Hoch hinauf in die Gebirge hat sie schiefe Flächen aus Wasser geführt, welche wir Flüsse nennen, und in ungeheuren Breiten ganze Länder umfassend, ganze Gebirgsrücken unterbauend, hat sie geneigte Flächen angelegt, auf denen man bequem von Berlin nach München, von München nach Genf ansteigt, oder von Guajaquil nach Quito (9000 Fuß), oder von Veracruz nach Mexico (6000 Fuß), ohne daß man es merkt, denn ist die Höhe von München nach Berlin 1500 Fuß, so ist die horizontale Entfernung der beiden Orte nahezu 80 Meilen; nun ist kein Hinderniß der Communication da und der Wagen mit 100 Centnern beladen, das Schiff mit 2000 Centnern, steigt bequem die Landstraße oder den Fluß, den Kanal hinan.

Dies hat der Mensch der Natur abgelernt und so macht er sich schräge Flächen, wo keine sind, wenn es ihm irgend nöthig ist. Es soll ein Faß mit 20 Centnern Zucker 2 Fuß hoch auf den Wagen gehoben werden, das wäre sehr unbequem, entweder brauchte man 20 starke Männer, um das zu bewerkstelligen, oder eine complicirte Maschinerie, die man Krahn nennt und die nicht an jedem Hause und auf jeder Straße zu finden ist; da macht man sich geschwind eine schiefe Fläche aus zwei langen, geraden Bäumen, nennt sie Schrotleiter und auf diese hinauf bringen 2 Mann die 20 Centner; oder der Herr Graf, der Herr Minister mag nicht aus seiner Victoriachaise auf der Straße aussteigen und acht oder neun Stufen hinauf in das hoch gelegene Parterre seines Hauses steigen, da baut er sich eine schräge Fläche an sein Haus, nennt sie Rampe und seine prächtigen Füchse ziehen ihn im Trabe hinauf; oder es sollen zu einer großen Oper ein Dutzend Pferde auf die Scene gebracht, oder es soll von dem Quai aus ein Schiff beladen werden: man legt einige Bohlen zusammen zu einer schrägen Ebene, zu einer Brücke und mit Leichtigkeit wird das Verlangte geleistet, die Pferde marschiren hinauf, die Fässer werden hinauf gerollt.

Es ist wahrscheinlich, daß die großartigste Anwendung, welche man von der künstlichen schiefen Fläche gemacht, beim Bau der egyptischen Pyramide vorgekommen ist. Diese sind von so ungeheuren Blöcken (bei 4 bis 5 Fuß Höhe 10, 15, 18 Fuß lang und breit, welches Lasten von 2000 und mehr Centnern vorausgesetzt) aufgeführt, daß man die Construction der Maschine nicht fassen, nicht begreifen kann, vermöge deren so ungeheure Massen bewegt, auf 400 und 500 Fuß gehoben wurden, was sogar einem gelehrten Franzosen veranlaßt hat, zu behaupten, die Pyramiden seien nicht *gebaut*, sondern seien wie die Salzkrystalle, Producte der Krystallisation des

Digitized by Google

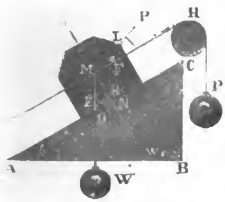
Kalkes (welches die sehr geistreiche Bemerkung Jean Paul's hervorrief: jene Bemerkung oder Behauptung sei nicht aus dem menschlichen Verstande hervorgegangen, sondern sei das Product der Krystallisation der Dinte).

Die Sache erklärt sich einfach dadurch, daß zur Zeit, wo diese gewaltigen, geschmacklosen Baudenkmäler errichtet wurden, die Menschenkraft so wohlfeil war, daß man jede Ersparniß derselben für überflüssig hielt und durch vieler Menschen Hände bewerkstelligte, was jetzt durch Hände ersparende Maschinen bewirkt wird. Auf ebenem Boden brachte man die Fundamentsteine herbei, auf ebenem Boden auch noch die unterste Schicht der über der Erde stehenden Blöcke, jetzt wurde die Erde auf einer oder auf mehreren Seiten erhöht, bis eine genügend flache Abdachung gewonnen war, auf welcher — ohne Zweifel mittelst untergelegter, breit behauener Balken und darauf beweglicher Rollen — die Blöcke befördert wurden, welche zur zweiten, kleineren Schicht dienen sollten. Wenn dieses vielleicht im Laufe von ein paar Jahren geschehen, so ward die Seite, auf welcher man vom Nil her die Steine brachte, abermals um 4 bis 5 Fuß erhöht und darauf wurde, wenn dies vielleicht wieder ein Jahr in Anspruch nahm, im nächstfolgenden begonnen, die Steine zur dritten Schicht zu fördern u. s. f., bis der Bau im Laufe der Jahrzehnte oder Jahrhunderte fertig war, da denn noch übrig blieb, die schräge Ebene wieder abzutragen, um den Bau in seiner ganzen überwältigenden Größe zu zeigen, was übrigens vielleicht nie vollständig geschehen ist, da man glaubt, daß die große Pyramide mehr als 200 Fuß im Sande begraben liegt, ein Umstand, der nicht dem Winde und der Versandung aus der Wüste zuzuschreiben ist, weil der Sand auf den trocknen Ebenen so gut wieder fort- wie hergeführt wird; im niedrigeren Theile des Nilthals allerdings ist dies anders, dort bleibt der hineingewehte Staub und Sand liegen, weil er, mit dem Wasser des Nils und dem Schlamm vermischt, befestigt wird, aufhört beweglich zu sein; doch ist seit den vier Jahrtausenden auch das Nilthal nirgend um 200 Fuß erhöht worden; obige Annahme ist daher höchst unwahrscheinlich, und viel eher zu glauben, mit der sinkenden Macht der Pharaonen sei das Bauwerk vernachlässigt und die letzte Hand an die Hinwegräumung des Gerüstes, aus ein paar hundert Millionen Kubikfuß Erde bestehend, gar nicht angelegt worden (die große Pyramide hat 6 Millionen Kubikfuß Inhalt).

Gleichviel aber, ob es so gewesen, ob die Pyramiden so gebaut worden oder nicht, jeder Baumeister wird zugeben, daß es so hätte gemacht werden können, d. h. daß die schräge Ebene ein höchst geeignetes Mittel sei, große und größte Lasten darauf zu fördern.

Digitized by Google

Fig. 465.

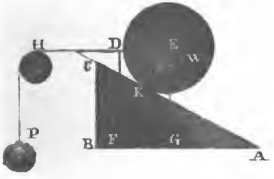


Auch dieses Förderungsmittel, diese Potenz hat ihre Gesetze so gut wie der Hebel. ABC ist eine schiefe Fläche; um die Gesetze aufzufinden, muß man genau bestimmte Verhältnisse haben, es handelt sich also um die Höhe BC und um die Länge AC der schiefen Fläche, beide Linien sind Theile eines rechtwinkligen Dreiecks ABC, dessen Grundlinie AB, dessen Höhe CB Katheten sind, zu welchen AC die Hypothenuse bildet.

Durch die Schwere will die Last KL in der Richtung WO abwärts, durch die Unterstützung wird sie immer von dieser Richtung abgelenkt und gelangt von C nach A, wenn ihr kein Hinderniß entgegengestellt wird. Das Hinderniß kann nun parallel mit der Hypothenuse, d. h. mit der schiefen Fläche, parallel mit der Grundlinie AB, d. h. horizontal oder in einer beliebigen anderen Richtung wirken.

Nehmen wir den ersten Fall, so muß man zuerst fragen, wo ist der Unterstützungspunkt? In der vorigen Figur ist es eine Fläche, bei der gegenwärtigen Fig. 466 ist es der Punkt K. Von da, wo die Unterstützung aufhört, zieht man eine senkrechte Linie durch den Körper aufwärts, also parallel mit CB und sagt: Alles was oberhalb dieser Linie liegt, ist unterstützt, fällt also nicht, ja es hält sogar noch einem gleich großen Stück von dem fallenden das Gegengewicht. Der Mittelpunkt M oder E muß unterstützt werden, dies geschieht in Fig. 465 nicht und in Fig. 466 nur zum Theil, mit dem Gewicht, welches außerhalb des Unterstützungspunktes liegt; fällt also der Körper die schiefe Ebene hinab und es verhält sich dabei die Kraft, welche in P wirkt (über die Rolle H gelenkt und parallel der schrägen Ebene ziehend) zu der Last, wie die Höhe der schrägen Ebene CB zur Länge derselben CA, ist also die Höhe $\frac{1}{4}$ der Länge ($CB = \frac{1}{4}\ CA$), so braucht das Gewicht P nur den dritten Theil des Körpers KL oder DW zu wiegen, ist CB noch viel kleiner, so ist natürlich die erforderliche Kraft noch viel geringer, beträgt sie $\frac{1}{100}$ von der Länge der schrägen Fläche, so wird man eine einen Centner schwere

Fig. 466.



Digitized by Google

Kugel durch die Kraft von einem Pfunde im Gleichgewicht halten, verhindern herabzurollen.

Ein weſentliches Moment hierbei iſt die Reibung, daher hierauf gewieſen werden muß unter den Hinderniſſen der Bewegung. Sie macht die aufgeſtellten Geſetze unzulänglich, der Körper KL, wenn er nicht ſehr glatte Flächen hat oder wohl gar mit fetten Stoffen beſtrichen iſt, wird auf der ſchrägen Ebene AC liegen bleiben, auch ohne ein Gegengewicht.

Wirkt die Kraft, welche die Kugel, das rollende Rad DW am Fallen verhindert, in der Richtung der Horizontalebene, ſo verhält ſich die Kraft zu der Laſt wie die Höhe der ſchiefen Ebene zu der Grundlinie, d. h. dieſe Anwendung der Kraft iſt nicht ſo vortheilhaft als die andere. Das einfachſte, aus lauter geraden Zahlen gebildete rechtwinklige Dreieck iſt dasjenige, bei welchem die eine Kathete drei, die andere vier Einheiten (Fuß, Zoll, Klafter, was man will) hat, woraus ſich ergiebt, daß die Hypothenuſe fünf derſelben haben müſſe;*) rollt man ein Rad die ſchräge Ebene hinauf durch einen Zug parallel der Grundlinie, wie in Fig. 466, ſo braucht man bei dem Verhältniß von 3 : 4 ¾ der Laſt, um ſie zu halten, um ſie zu hindern herabzurollen. Wenn man dagegen die Kraft parallel der Hypothenuſe wirken läßt, ſo verhält ſich Kraft zu Laſt wie 3 zu 5, d. h. mit ⅗ der Laſt ſchon hält man ihr das Gleichgewicht, indeß man in dem vorigen Falle ¾ brauchte.

Jeder andere Fall iſt noch unvortheilhafter, man wird ſich daher wohl hüten, eine Laſt die ſchräge Ebene hinauf zu ſchaffen durch Anwendung von Kräften in ungünſtigen Verhältniſſen.

Es ergiebt ſich hieraus, daß die Richtung der Kraft am vortheilhafteſten parallel mit der ſchrägen Fläche angewendet wird und daß dieſe eine um ſo größere Wirkung hat, je niedriger BC iſt, oder, was daſſelbe ausdrückt, je länger AC iſt, je weiter aus einander die Längen der Linien AC und BC ſind. Iſt dieſer Unterſchied ſehr groß, nähert ſich z. B. bei 500 Fuß der ſchrägen Ebene und 1 Fuß der Kathete die ſchräge Ebene der wagerechten, ſo braucht man in der Praxis gar keine Kraft mehr, um die Laſt im Gleichgewicht, in Ruhe zu erhalten, eben ſo iſt die Kraft, welche erforderlich, um eine Laſt hinauf zu ſchaffen, um ſo geringer, je größer das

*) Nach dem pythagoräiſchen Lehrſatz iſt das Quadrat der Hypothenuſe gleich den beiden Quadraten der Katheten, hat alſo die Kathete 3 zum Quadrat 9, die Kathete 4 zum Quadrat 16 und iſt die Summe der beiden Quadrate $9 + 16 = 25$, ſo muß die Hypothenuſe ein Quadrat von 25 haben und die Zahl, welche dieſes Quadrat giebt, wenn man ſie mit ſich ſelbſt multiplicirt, iſt fünf.

Digitized by Google

gedachte Verhältniß ist, je länger die Linie der Bahn im Vergleich mit der Höhe. Deshalb macht man die Eisenbahnen von viel geringerer Neigung als die Chausseen, indem die Kraft der Locomotive wohl hinreicht, auf ebenem Wege einen Wagenzug mit sich zu nehmen, diese aber aufhört wirksam zu sein bei einer Neigung, welche über 1 zu 100 hinaus geht. Auf der Chaussee kann man 4 bis 5 zu 100 nehmen, indem das Pferd seine Hufe schärfer einsetzt, seinen Körper mehr in das Geschirr legt und so das fehlende Gleichgewicht wieder herstellt, ein Vortheil, welcher der Locomotive abgeht.

Zusammensetzungen der schrägen Ebene.

So wie man aus dem Hebel die Rolle, den Flaschenzug, das Rad an der Welle construirt, so kann man aus der schrägen Ebene gleichfalls Instrumente machen, welche man gleich jenen Potenzen nennt, dies sind der Keil und die Schraube; die neuere Mechanik hat eine der wirksamsten hinzugefügt, das excentrische Rad, welches noch in keinem Lehrbuch der Physik als solche Potenz aufgenommen worden ist, obschon es dieser Ehre wohl würdig.

Der Keil besteht aus zwei schrägen Flächen, welche unter einem gemeinschaftlichen Winkel zusammenstoßen und an ihren Enden von einer Ebene begrenzt sind, welche gegen beide gleiche Winkel macht. Jeder Holzhauer weiß, was ein Keil wirkt und jeder Knabe hat zugesehen, wie mittelst eines oder mehrerer Keile der schwerste Klotz aus einander getrieben wird. Freilich darf er nicht gestaltet sein wie der Keil ABC in Fig. 467, welcher die Gesetze des Keiles erläutern soll, ein solcher Keil würde wenig oder gar nichts leisten, er ist viel zu breit an seiner Basis AB, hat eine viel zu geringe Zuschärfung nach C hin, würde also dem Zwecke nicht entsprechen, etwas das der Holzhauer nicht theoretisch entwickeln kann, wohl aber aus der Erfahrung sehr gut weiß, was dieser theoretischen Entwickelung wegen aber hier so gegeben werden mußte, wie wir es sehen. Der Keil ABC ist in den Spalt eines Baumes EDE gebracht und durch Druck auf die Oberfläche AB angetrieben worden.

Fig. 467.

Wir haben hier den oben betrachteten Fall, wo eine Last KL mit

Digitized by Google

breiter Basis von A nach C gebracht werden soll. Die Last ist die Hälfte des Baumes, welche durch Federkraft der zusammenhängenden Theile von N nach E und von N'' nach F gedrückt wird. Ob dabei die Last von C nach AB geschoben oder ob AB in der Richtung nach C unter die Last geschoben wird, dies ist in der Wirkung natürlich ganz gleich, es handelt sich nur darum, wie viel Kraft wird angewendet werden müssen, um den Keil in der Richtung des Pfeiles P zwischen die Theile des Baumes zu bringen; hier tritt der Fall ein, der auch oben betrachtet worden, es kommt auf die Länge der Linie AB im Vergleich zu der Länge von C nach P an, es verhält sich die Kraft zur Last im Allgemeinen wie die Breite des Keiles zur Länge desselben, im Einzelnen aber hat man noch zu unterscheiden, ob der Druck senkrecht auf die Seitenfläche oder senkrecht auf die Basis (d. h. die Mittellinie) des Keiles wirkt, da die Linie AC oder BC (die Seite des Keiles) länger als PC (die Mittellinie), so ist die Wirkung des Druckes senkrecht auf die Seite leichter zu überwinden.

Je schwerer die Last ist, welche man heben will, desto schmaler macht man den Keil, ist derselbe ein wenig zu breit, so wird er von der Widerstand leistenden Kraft in derselben Art zurückgeschleudert, wie ein Kirschkern, den man zwischen Daumen und Zeigefinger drückt, und ein Keil, von einer tüchtigen Axt getrieben, hat eine etwas unangenehmere Wirkung beim Zurückspringen. Hat der Keil eine Breite von einem Zoll bei einer Länge von zehn, so wirkt ein Schlag, der dem Druck eines Centners entspricht, gleich einer aus einander treibenden Kraft von zehn Centnern. Nun kann aber ein Mann von einiger Stärke mit einem Schmiedehammer von 25 Pfund Gewicht einen Druck hervorbringen, welcher dem Druck von 10 bis 15 Centnern entspricht, man hat also, wenn der Keil nach obigem Verhältniß geschnitten ist, eine aus einander treibende Kraft von 100 bis 150 Centnern.

Die alten Oelmühlen sind noch so eingerichtet, daß die Säcke, in denen die zermalmten Samen befindlich, zwischen Platten gelegt und diese dann durch Keile zusammengetrieben werden. Dabei wird von einem hölzernen Hammer, der bei Weitem keinen Centner wiegt, ein Druck ausgeübt, welcher 32,000 Pfund gleich kommt. (Bei den neueren Anstalten der Art wendet man die minder geräuschvolle hydraulische Presse an.)

Im gewöhnlichen Leben ist der Keil täglich in unserer Hand, unter hundert verschiedenen Gestalten, die Näh- und Stricknadel, der Pfriem und der Aal des Schuhmachers sind Keile; die Axt, das Beil, das Messer sind Keile, der Meißel, das Stemmeisen, der Stechbeutel sind Keile, eben so sind es die Nägel in ihren verschiedenen Formen, überall begegnet man dem Keil, sei es zum Festhalten, zum Aneinanderdrücken, zum Verschieben

Digitized by Google

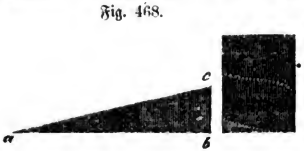
oder sei es zum Heben, zum Trennen, Zertheilen, Eindringen; überall fühlt man es, ohne zu wissen, worauf die außerordentliche Wirkung beruht. Eine Nadel dringt mit Leichtigkeit durch die Leinwand, bricht man die Spitze ab, welche die Nadel zum Keil macht, so kann man nicht mehr nähen; das Messer schneidet mit Leichtigkeit einen Spahn vom Holze, versucht man dies mit dem Rücken des Messers, so wird es wohl schwerlich gelingen und in beiden Fällen hat man doch nichts weiter gethan, als das dicke Ende der Nadel zwischen die Fäden der Leinwand, den Rücken des Messers zwischen das Holz zu bringen, nur mit dem Unterschiede, daß es im ersten Falle auf dem Wege der schrägen Fläche, des Keiles geschehen, im zweiten Falle aber ohne diese Potenz versucht nicht möglich war.

Auch die Angriffswaffen der Menschen und Thiere, Bajonett, Lanze, Degen und Säbel oder Zähne und Klauen, wirken nur wie Keile, mit dem Rücken eines Säbels spaltet man Niemanden das Haupt, haut auch Niemanden einen Arm vom Leibe.

Schraube.

Die schräge Ebene kann auch um eine Spindel gewickelt werden, alsdann wird sie zur Schraube. Gewöhnlich sagt das Lehrbuch, eine Schraube entsteht, wenn man ein rechtwinkliges Dreieck abc mit einer seiner Katheten cb auf einem Cylinder befestigt und die andere Kathete ab unten

Fig. 468.



festwickelt, da denn die Hypothenuse ac die Schraubenlinie bildet. Dies ist allerdings wahr, allein nur unter der Voraussetzung, daß gedachtes Dreieck keine Dicke habe, daß es also ein Gedankending sei, wie alle mathematischen Flächen und Körper, da jedoch in der Natur dergleichen nicht existirt, sondern man nur mit wirklichen Körpern zu thun bekommt, so kann man eine Schraube auf solche Weise nicht construiren, außer in Gedanken, denn nimmt man, um sich die Anschauung zu erleichtern, ein Dreieck von Papier und wickelt man in dieses ein Bleistift, so ist das untere Ende, wo die Basis aufliegt, vielleicht noch einmal so dick als das obere Ende.

Am leichtesten construirt man sich das Bild einer Schraube, wenn

Digitized by Google

man auf einem Cylinder von beliebiger Dicke ungeglühten Draht aufwickelt, so daß eine Lage dicht bei der anderen liegt. Hört man mit dieser Arbeit auf und läßt den Draht los, so geht er ein wenig aus einander und man kann den Cylinder, welcher zur Grundlage diente, leicht herausnehmen, die erhaltenen Drahtwindungen aber geben ein getreueres Bild von der Schraube als jenes erste, weil sie wirkliche Vertiefungen und Erhöhungen haben, wie auch eine Schraube dieselben wirklich hat, auch kann man sich sehr leicht deutlich machen, was weitläuftige und was enge, gedrängte Windungen sind; man darf die so entstandene Sprungfeder nämlich nur mehr oder minder ausdehnen, um hiervon ein sehr faßliches Bild zu haben.

Auf einen Cylinder ist nun, bei einer wirklichen Schraube entweder ein dreieckiges Prisma aufgewickelt, wie Figur zeigt, alsdann liegen die Windungen dicht bei einander, so daß sich eben so eine dreieckige Rinne zwischen zwei Umgängen bildet, wie sich zwischen zwei solchen Vertiefungen ein erhabenes Dreieck zeigt — oder man schlingt einen langen, vierkantigen Streifen um denselben Cylinder, dann aber muß jede Windung von der anderen so weit entfernt sein als der viereckige Stab, welcher die Schraubenwindungen bildet, breit ist. Eine solche Vorrichtung nennt man eine flache Schraube.

Fig. 469.

Fig. 470.

Ist der Cylinder von außen mit solchen Gängen versehen, so nennt man ihn eine Schraubenspindel, ist dagegen ein hohler Cylinder inwendig, innerhalb seiner Höhlung, mit Schraubenwindungen versehen, so nennt man diese eine Mutterschraube, Beides gehört unabweislich zu einander, und Eines ohne das Andere hat gar keine Wirkung, und als Potenz, als mechanische Kraft, gar keinen Werth.

Meine Leser werden sagen, sie haben schon viele Schrauben gesehen, welche ohne Muttern angewendet werden, und von großer Wirkung wären, die Tischler sagen auch, fünf Schrauben halten soviel als funfzig Nägel, und da sei von Schraubenmuttern gar keine Rede — die Sache ist richtig, allein daß keine Muttern bei den Holzschrauben wären, ist unrichtig, sie sind nur nicht von Eisen, sondern von dem Material, in welches die Schraube gewöhnlich eingreift, von Holz. Die Schraubenspindel, indem sie durch den Kastendeckel in die Wand der Kiste gedreht wird, macht sich eine Mutterschraube, schneidet sich dieselbe in das Holz ein, ohne daß dieses geschieht, hält die Schraube und zieht die Schraube nicht.

Digitized by Google

Beide Zeichnungen zeigen oben die Schraubenspindel, und unten die Mutterschraube, bei der ersten von beiden Figuren sieht man die dreikantig geschnittenen Gänge, welche sich, wie natürlich, auch in die Muttern fortsetzen. Diese müssen nun genau in die Gänge passen und dieselben ausfüllen, alsdann hat man sehr bedeutende Wirkungen zu erwarten, jedoch, wie begreiflich, immer nur solche, wie das Princip der schiefen Fläche es gestattet oder gesetzmäßig macht.

Jeder Gang bei einer Schraube hat eine gewisse Höhe, jede Schraube hat einen Umfang. Das Verhältniß des Umfangs zur Höhe ist der Ausdruck der Wirkung einer Schraube. Ist der Gang ⅛ Zoll hoch, und hat die Schraube einen Umfang von 4 Zoll, so ist die Kraft, welche zur Hebung einer Last nöthig, wie 1 zu 32, hier ist also eine sehr bedeutende Kraftersparniß vorhanden, es wird aber Fälle geben, wo diese gar nicht genügt. Gesetzt, ein Schiff sei zu kalfatern, auf seiner Unterseite besonders. Es ist in den Docks auf's Trockne gebracht, aber es wiegt viele tausend Centner. Da ist mit einem 32stel noch nicht viel ausgerichtet. Nun nimmt man den Hebel zu Hülfe. Durch die Schraube wird ein sehr bedeutendes gewonnen, man setzt die Last so herab, daß sie nur ein 30stel, ein 50stel beträgt von der wirklich vorhandenen. Nun bringt man aber an den Knopf der Schraube, welche man drehen will, noch zwei oder mehr Hebel an, damit setzt man wieder die anzuwendende Kraft von einem 30stel auf ein 30stel herab, also auf ein 900stel, jetzt kann man ein Schiff, das 9000 Centner wiegt, mit der Kraft von 10 Centnern heben, und nun ist Ungeheueres gewonnen, aber vorzugsweise durch Vermittelung der Schraube, denn einen Hebel, der 900mal so lang auf einer Seite gewesen wäre als auf der anderen, zu construiren, ist kaum möglich, und fordert ungeheueren Raum, indeß durch die Schraube allein, ohne Hebel, dies möglich gewesen wäre, man hätte nur eine Schraube zu construiren gebraucht, welche bei einer Linie Höhe einen Durchmesser von 7½ Zoll gehabt hätte.

Diese mächtige Wirkung macht die Schraube zu einer höchst wirksamen Potenz, darum wendet man sie auch an (aber gewöhnlich in Verbindung mit dem Hebel, wo nur irgend Raum dazu vorhanden), um Gegenstände zusammen zu drücken, also bei Schraubstöcken, bei Prägewerken und bei eigentlichen Druckwerken oder Pressen, in den Cattun-, Baumwollen- und Seidenzeugfabriken, in den Buchdruckereien, in der Tischlerei, um Gegenstände an einander haften zu machen, wie beim Fourniren und Leimen überhaupt — oder man wendet sie an zum Heben von Lasten, wie die oben beschriebenen, ja nicht bloß Holzgebäude, wie Schiffe und dergleichen, können dadurch gehoben und gerichtet werden, sondern große Steinmassen, wie ge-

Digitized by Google

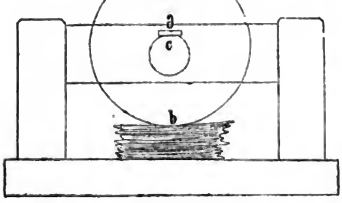
sunkene Häuser — endlich aber wendet man sie auch an um Bewegungen hervorzubringen, welche ihr Maaß gleich in sich tragen, also vorzugsweise bei recht feinen, kleinen Bewegungen.

Gesetzt man habe eine Schraube, welche bei einem Umgang ein 50stel Zoll macht, sich nur um eine so geringe Größe, als ¼ Linie erhebt, und man könne sehen, um wieviel sich die Spindel umgedreht hat, wieviel Theile eines ganzen Umganges sie gemacht, so kann man damit auch die so und sovielten Theile dieses 50stels eines Zolles messen; wenn, wie unzweifelhaft, man einen Kreis von 6 Zoll Durchmesser in 400 Theile theilen kann, und dieser an die Schraubenspindel befestigt, zur Umdrehung derselben benutzt wird, so ist daraus klar, daß man die directe Messung bis auf den 400sten Theil eines 50stels eines Zolles Breite, d. h. ein 20,000stel Zoll messen kann. Dieses ist das S. 46 und 47 beschriebene Meßinstrument, eines der vielen Mikrometer; auf solche Art ist denn die Schraube auch wirksam zu feinen und genauen Bewegungen, wie zur Hebung und Bewältigung außerordentlicher Lasten.

Das excentrische Rad.

Die schiefe Fläche wird noch als die mächtigste Potenz benutzt, bei Maschinen zur bestimmten und schweren Bewegung großer Massen auf kurze Strecken, oder zum Druck, der jeden Widerstand überwindet, wenn nur die Entfernung, auf die er geübt werden soll, nicht groß ist.

Fig. 471.



$a\,b$ ist ein starkes Rad von Metall, dasselbe befindet sich nicht im Mittelpunkte c, sondern mehr oder minder seitwärts davon auf einer Axe d befestigt, welche durch einen Keil $c\,d$ mit dem Rade unverrückbar verbunden ist. Dreht sich nun die Axe d um sich selbst, so ist der entferntere Punkt a bald oben, bald auf der einen, oder der anderen Seite, bald unten.

Gesetzt, unter b läge irgend etwas, das mit großer Gewalt zusammengedrückt werden sollte, doch nur in einer gewissen Grenze, so würde es nur der Umdrehung der Axe und mit ihr des Rades $a\,b$ bedürfen, um die ent-

Digitized by Google

fernteren Theile der Scheibe an die Stelle von *b* zu setzen, und so wird ein Druck ausgeübt werden, welcher gleich ist dem Unterschiede zwischen *b d* und *a d*. Da dieser Druck aber ausgeübt wird auf dem Umwege von *d* bis *a* an der Peripherie des Rades, so verhält sich die Kraft zu der Last wie der Höhenunterschied zu dem halben Umkreise, ist demnach dieser Unterschied gleich ½ Zoll, die halbe Umdrehung des Rades aber gleich 2 Fuß, so genügt $\frac{1}{48}$ der Kraft des Widerstandes, um ihn zu überwinden.

Gesetzt, man habe eine Eisenplatte von ½ Zoll Dicke zu durchlöchern, so wird hierzu eine ungeheure Kraft nöthig sein. Die Platte muß auf einem Prägestock liegen, der so weit hohl ist als das Loch groß werden soll, genau darüber steht ein Stahlstempel, von derselben Größe wie das Loch in dem stählernen Prägestock, und von der Größe, welche das Loch in dem Eisen erhalten soll, zwischen diese Oeffnung und den Stempel wird die Eisenplatte eingeschoben, und nun mittelst einer Ramme oder sonstigen schweren Prägewerkes ein Schlag darauf geführt, so daß der Stempel, welcher nur in der Eisenplatte ein Hinderniß findet, dieses aus der Masse heraus drückt, bis es die Höhlung unter ihm füllt, er selbst aber die Stelle einnimmt, welche vorher das Eisen, das nun herausgedrückt ist, eingenommen hatte.

Dies kostete in früheren Zeiten große Schwierigkeiten, aus der Silberstange die Zweithalerstücke zu pressen, aus einer Eisenplatte von ½ Zoll die Platten zu den Kapseln der Kartätschen zu schlagen, das war eine gewaltige Aufgabe — geräuschlos macht sich jetzt die viel schwerere oben erwähnte; eine gewaltige Eisenplatte von mehr als ½ Zoll Dicke wird durchlöchert mit geringerer Anstrengung wie das verzinnte Blech, welches der Klempner zum Durchschlag anwendet. Ein excentrisches Rad mit ½ Zoll Verschiebung dreht sich an der Axe eines Dampfmaschinen-Rades um, und bei jeder Umdrehung ist geräuschlos ein Stück von Thaler- oder geringerer, oder viel bedeutenderer Größe aus der Platte herausgedrückt, so schön, mit so geraden Wänden, mit so sauberer Fläche, daß man nirgends die Gewalt sieht, welche angewendet wird, und mit so wenigem Geräusch, daß ein Arbeiter dem anderen dabei den Rinaldo Rinaldini, oder Louis Blanc's communistische Träumereien von Rephühnerpasteten für Grobschmiede, vorlesen kann.

Ueberall, wo jetzt Münzen geprägt, also Metallstücke durchgeschlagen werden, überall wo jetzt ein starker, aber genau gemessener Druck auf kleine Oeffnungen geübt werden soll, wie bei Metallpressen und Stanzen, wendet man die Kraft der schiefen Fläche auf das excentrische Rad übertragen an. Ebenso ist es mit den Verschiebungen großer Lasten der Menschen selbst, mit Veränderung der Lage einzelner Theile, welche ganz bestimmte Stellen einnehmen müssen, und doch bedeutenden Kraftaufwandes bedürfen, um be-

Digitized by Google

wegt zu werden, das excentrische Rad übt dies mit Leichtigkeit. Begreiflich darf es nicht gerade ein Rad, d. h. kreisrund sein, jede dem Maschinenbauer zweckmäßig scheinende Form ist dazu geeignet, und wer mit einiger Aufmerksamkeit einen der jetzigen Maschinenwebestühle, eine Schnellpresse, ja die einfachste Dampfmaschine selbst betrachtet, wird daran die sogenannte Excentricität nicht vermissen, so wichtig ist sie geworden, so sehr hat sie sich eingebürgert.

Gebrauch der Potenzen.

Ueberall, bei allen Maschinen, zu denen man diese oder irgend eine andere Potenz anwendet, waltet das Gesetz: „was man an Kraft gewinnt, verliert man an Geschwindigkeit.“ Bei der Wage ist Gleichgewicht der Kräfte und der Bewegung, an jedem Arm des Wagebalkens hängen 2 Pfund, oder 3 Centner, gleichviel — mit diesem Gewicht macht der eine Hebelarm aufwärts gerade einen so langen Weg als der andere Hebelarm abwärts, da wird keine Krafterspariß und kein Zeitverlust zu bemerken sein; so wie der eine Arm sich aber verlängert, und man dadurch in Stand gesetzt wird, mit einer geringeren Kraft eine größere Last zu überwinden, verliert man Zeit, nämlich um mit der Kraft von 1 Centner deren zweie zu heben, muß der längere Hebelarm doppelt soviel Weg machen als der kürzere, um mit 10 Pfund 1 Centner zu heben, muß der längere Hebelarm 10mal so lang sein als derjenige, an dem die Last hängt, will man diese Last 1 Fuß hoch bringen, so muß der längere Hebelarm 10 Fuß Weg durchlaufen. Genau so verhält es sich mit dem Flaschenzug und der Rolle, so mit dem Rad an der Welle, und dem ganzen Räderwerk irgend einer Maschinerie; will man Kraft ersparen, indem man durch ein kleines Rad ein größeres treibt, so muß dies kleinere, bevor das große einmal umgedreht wird, so oft umgedreht werden, als der Umfang des kleineren in dem großen aufgeht, dies kann sehr weit gehen und es kommt nur darauf an, wieviel man an Kraft sparen will; wenn an einer schuhdicken Welle ein Rad befindlich, das 10mal so groß im Durchmesser ist, so legt die bewegende Hand 10mal soviel Weg zurück, als das Gewicht, welches an dem Seile hängt, das über die Rolle geschlungen ist. Wenn nun aber das Rad von 10 Fuß an seinem Umfang Zähne hat, und durch ein kleineres gezähntes Rad bewegt wird, welches wieder durch eine Kurbel getrieben wird, die 10mal so lang ist als der Radius des kleinen Rades, so hat man abermals eine Krafterspariß von 9 Zehntheilen des Zehntheils, welches anzuwenden war, um an dem großen Rade unmittelbar eine Last zu heben, so steigt die Krafterspariß dergestalt,

Digitized by Google

daß man mit 1 Pfund Kraft 100 Pfund heben kann — allein, wenn dies geschehen soll, so muß die Hand, welche die Kurbel dreht, einen 100mal größeren Weg zurücklegen als die Last zurücklegt.

Dies muß man bei allen Maschinenbauten immerfort vor Augen haben, auch ist es mit der schrägen Fläche gar nicht anders. Wenn sie in der Gestalt einer Schraube wirkt, muß die Schraube einmal ganz umgedreht werden, um die Last auf die Höhe eines einzigen Ganges zu erheben, wenn sie als Keil wirkt, muß die ganze Länge des Keiles zwischen die zu trennenden oder zu verschiebenden Körper gebracht werden, ehe man sie um die Dicke des Keiles verschoben hat.

Daher muß bei den Maschinen gefragt werden, was hier werthvoller sei, Kraft oder Zeit, hiernach muß die Anlage gemacht werden — Kraft kostet Geld, aber Zeit ist Geld. Wenn etwas in einem Tage fertig gemacht werden kann, was ein Anderer erst in 3 Tagen fertig bekommt, so hat der Erste dem Anderen 2 Tage abgewonnen — es giebt Fälle, in denen dies über den Besitz eines ganzen Vermögens entscheidet — nächstdem aber will ein Jeder bei einer Fabrikanlage sein Capital so oft umsetzen als möglich, und da kommt es denn vielleicht bei Vielen mehr auf rasche Vollendung der Arbeit als auf Ersparniß von Kraft an, welche ja nur 2 oder 3 Centner Kohlen täglich mehr kostet.

Steht die Sache so, dann wird man umgekehrt verfahren, dann wird man die Kraft am kürzeren Hebelarm wirken lassen, so wirkt alles in der Uhr. Das Rad des Federhauses (oder der Gewichte) dreht zuerst einen kleinen Trieb, der an einem großen Rade befestigt ist — dieses große Rad greift wieder in einen kleinen Trieb, der an einem großen Rade sitzt; so geht es noch einmal weiter, bis endlich das letzte Rad in die Axe der Unruhe greift — so gehen Secunden-, Minuten- und Stundenzeiger ihren vorgeschriebenen Gang, von einer Kraftquelle aus, welche sich in 24 Stunden nur 3mal um ihre Axe bewegt, in dem Federhause.

Man könnte da viel Kraft sparen, wenn man die Verhältnisse der Räder änderte, ein paar weg ließe — allein dann würde die Feder nicht in 2 Secunden aufgezogen werden, dann würde man ½ Secunde daran drehen müssen, dann wären die Gewichte auch vielleicht viel kleiner, aber statt einer Kette von 6 Fuß würde man eine solche von 100 Fuß haben müssen.

Der thierische Körper ist durchweg auf solche Weise gebaut, überall hat die Natur mit der Kraft nicht gespart, um nur rasche Bewegungen zu erzielen. Das Bein ist drei Fuß lang, ein einarmiger Hebel, sein Hypomochlium liegt in der halbkugelförmigen Pfanne der Hüfte, die Muskulatur

Digitized by Google

derſelben iſt nicht unten an der Zehenſpitze, ſondern oben in der Mitte des Schenkels befeſtigt, dieſer Schenkelmuskel macht einen Weg von 6 Zoll, indeß der Fuß einen Schritt von 30 Zoll macht. Noch auffallender iſt es beim Arm, daher dieſer ſo geſchickt zum Werfen iſt. Bei 28 Zoll Länge, von der Schulter bis zu den Fingerſpitzen, ſitzt ſeine Muskulatur oberhalb der Schulter und am Oberarm, ſo nahe am Stützpunkt, daß der Arm eine Bewegung ausführen kann, mittelſt deren ein Stein in einer Secunde 90 Fuß weit fliegt — nun aber erſt die Sprunggelenke des Hirſches, des Hafen, des Kängeruh's, wie hat die Natur dafür geſorgt, daß mit dem geringſten Aufwande von Zeit die größtmöglichſte Strecke zurückgelegt werde — ſie hat gewaltige Kräfte angewendet, um große Bewegungen in kleinen Zwiſchenräumen der Zeit zu vollführen.

Hinderniſſe der Bewegung. Widerſtand des Mittels.

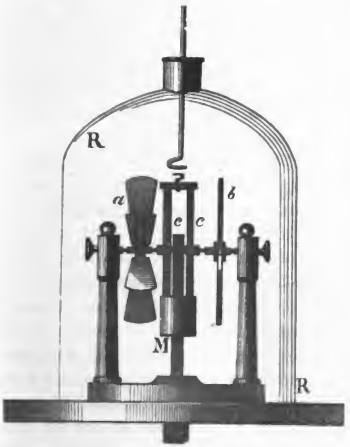
Ueberall treten den Bewegungen, welche wir machen, Hemmniſſe, Hinderniſſe entgegen, von denen zwei ganz beſonders wichtig ſind — der Widerſtand des Mittels, in dem ſich die bewegten Körper befinden, Luft oder Waſſer, und die Reibung. Es *kann* nicht nur, es *wird* vernichtet werden jede Spur von Bewegung durch eines von dieſen beiden, oder durch beides zuſammenwirkend. Wenn man bei ruhiger Luft geht oder läuft, ſo fühlt man ſich entgegenkommen einen Luftſtrom, einen Wind, welcher aufhört in dem Augenblicke, in welchem man ſtehen bleibt — es war nicht Luftzug, Luftſtrömung, es war ruhende Luft, welche von dem darin bewegten Körper vertrieben, aus ihrer Stelle gebracht werden mußte, und durch den Widerſtand, den ſie dieſer Bewegung entgegenſetzt, fühlbar wurde. Dieſer Widerſtand iſt ſehr bedeutend, wie wir an einigen Experimenten ſehen werden.

R R iſt die Glocke einer Luftpumpe, welche auf einem metallenen Teller ſteht und unter welcher durch irgend ein Mittel die Luft hinweg genommen werden kann; die Bewegung, welche in ſolch einem Raume, im ſogenannten luftleeren Raume, vor ſich geht, unterliegt alſo dem Widerſtande der Luft nicht. *a* und *b* ſind zwei Flügelapparate, welche, wie die Figur zeigt, ſo geſtellt werden können, daß ſie entweder wie *a* mit der breiten Fläche auf die Luft wirken, oder wie *b* die Luft mit der hohen Kante der Flügel ſchneiden. Bei *M* iſt ein ſtarker Federkaſten, welcher die zwei gezahnten Stangen *c c* mit gleicher Schnelligkeit an den kleinen Getrieben vorbeiführt, die an den Axen der Windflügel ſitzen, wodurch denn dieſe in eine gleich raſche Bewegung verſetzt werden können.

Niemand wird bezweifeln, daß beide Windflügel, auf ſolche Weiſe be-

Digitized by Google

Fig. 472.



wegt, längere oder kürzere Zeit laufen werden, je nachdem die Stellung der Flügel *b* oder *a* näher liegt, die, wie *a* mit den breiten Seiten die Luft ſchlagen, hören viel früher auf zu rotiren.

Man bringt den Apparat allenfalls, nachdem man ſich durch den Augenſchein von der Richtigkeit der Sache überzeugt hat, unter die Glocke *R R* und zieht nun die Luft heraus. Oben an der Glocke iſt eine ſogenannte Stopfbüchſe angebracht, durch welche ein Stift beweglich geht, mittelſt deſſen man das aufgezogene Federwerk zum Auslöſen und Ablaufen bringen kann.

Sobald die Luft möglichſt entleert iſt, bewirkt man dieſes, während man vor dem Hinſtellen des Apparates unter die Glocke, denſelben in die Richtung gebracht, welche die Figur zeigt, daß nämlich die ſämmtlichen Flügel einerſeits breit, andererſeits hochkantig ſtehen. Wird nun nach Entleerung der Luft der Apparat in Thätigkeit geſetzt, ſo laufen beide Flügelpaare gleich lange, zum ſicheren Beweiſe, daß die Luft, in welcher ſie vorher liefen und die ihnen jetzt nicht mehr hindernd in den Weg tritt — die **Schnelligkeit des Laufes verzögerte.**

Allein ſie hören doch Beide zu laufen auf! Wir haben erfahren, daß die Trägheit, das Beharrungsvermögen, bewegte Körper in Bewegung erhält — es müßten demnach dieſe beiden Windflügel immer fort laufen, da die Luft, welche hindernd auf ſie einwirkte, aus dem Wege geſchafft worden — was hindert und hemmt denn nun? Die Reibung, und zwar die geringe Reibung, welche ſtatt findet zwiſchen den beiden Spitzen, in denen die Flügel laufen und deren kegelförmigen Lagern.

Von dieſer Reibung ſpäter; hier müſſen wir noch von dem Widerſtande des Mittels ſprechen, von der Luft oder dem Waſſer. Fig. 473 zeigt eine

Digitized by Google

Fig. 473.

3 — 4 Fuß lange Röhre, welche durch den Hahn am untern Ende auf eine Luftpumpe gesetzt, und von Luft entleert werden kann. In dieser Röhre befindet sich eine Münze und eine Feder oder ein Blatt. Nachdem die Luft entfernt worden, kehrt man plötzlich die Röhre um, so daß beide Körper fallen können und man wird sehen, daß Beide zugleich den Fallraum durchlaufen.

Es geschieht zwar nicht, man blamirt sich regelmäßig mit dem Experiment, man ist nicht im Stande, die Luft so vollkommen wegzuschaffen, daß der geringe Ueberrest derselben die Feder nicht doch noch verzögerte, und veranlaßte, daß sie langsamer fällt, auch würde, wenn sie scheinbar gleich schnell fiele, dies noch immer kein Beweis sein, und Kant hatte vollkommen Recht, als er fragte: „wann werden die Physiker denn anfangen sich zu schämen solche Experimente zu machen, bei denen nichts bewiesen werden kann, als die Ungeschicklichkeit des Experimentators", der Fallraum ist viel zu kurz, und das Anschlagen der schweren Masse an die Wände der Röhre, das Abprallen ꝛc. giebt immerfort Störungen — man sieht nichts und kann nichts sehen, dennoch ist die Sache vollkommen richtig, nicht nur theoretisch, was schon aus dem vorigen Experiment hergeleitet worden, sondern auch auf dem Wege des Experiments viel einfacher als durch den soeben betrachteten Apparat bewiesen werden kann. Wenn man nämlich irgend eine Münze, einen Kupferdreier oder einen Thaler, zwischen Daumen und Zeigefinger faßt, ein Stückchen Papier darauf legt, welches nicht größer ist als die Münze, beide horizontal hält und dann fallen läßt, so gelangen wirklich beide höchst ungleich schwere Stücke zugleich an den Boden, und trennen sich erst im Augenblick, da die Münze auf die Diele schlägt.

Hier hat nämlich die schwerere Münze dem leichteren Papier Bahn gemacht, es hat die Luft vor ihm her vertrieben und so sind beide Körper ganz gleich schnell gefallen. Das Experiment ist ganz unverfänglich, es ist keine andere Kraft dabei im Spiele als der freie Fall der Körper, den Beide auf ganz gleiche Weise durchmachen, der Eine gehindert durch den

Digitized by Google

Widerstand der Luft, der Andere von derselben befreit durch seinen Vorgänger.

Daß, wenn die Luft schon der Bewegung ein Hinderniß darbietet, andere dichtere Körper dieses in noch höherem Grade thun werden, versteht sich von selbst. Setzt man den vorher beschriebenen Flügelapparat in ein Gefäß mit Wasser, so wird die Feder kaum stark genug sein, um ihn nur ein paar Mal umzudrehen, ist sie abgelaufen, so ist es auch mit der Bewegung vorbei, die Trägheit bei dem bewegten Körper kommt hier fast gar nicht zur Geltung, weil das Beharrungsvermögen des Ruhenden (des Wassers) so groß ist, daß Beide sich beinahe augenblicklich ausgleichen.

Welchen Widerstand das Wasser leistet, wissen die armen Leute, welche Schiffe stromaufwärts ziehen, sehr wohl — auf einem solchen Kahn liegen vielleicht 2000 Centner an Getreide oder an Holz, und der Kahn selbst wiegt noch beinahe eben so viel, daß die Leute also die Last den Strom hinauf schleppten, ist nicht der Fall, die Last wird getragen und thut beim Ziehen gar nichts zur Sache; ein Kahn von 2 Fuß Breite und 6 Fuß Länge, wenn hinter demselben eine Bretterwand so breit und so tief in das Wasser taucht, als der Durchschnitt des Schiffes, leistet denselben Widerstand, obwohl sie nicht den hundertsten Theil jenes großen belasteten Kahnes wiegt; es handelt sich mithin nur um diesen Widerstand, und derselbe ist so groß, daß auf der Weichsel nicht selten 20 Mann, auf der Donau wohl 40 — 50 Mann mit aller Kraftanstrengung ziehen müssen, wo der Leinpfad nicht für Pferde gangbar. Die unglücklichen hierzu verurtheilten Verbrecher, welchen in früheren Zeiten in Oesterreich dieses Geschäft übertragen war, oder die Schiffsknechte, welche die Arbeit für Geld übernehmen, mußten dabei, mit Brust und Schultern in einem breiten Gurt ruhend, sich so weit vorn überlegen, daß sie mit den Händen die Erde erreichen konnten, das sehr lange und 6 Zoll im Umfange haltende Seil war dabei so straff gespannt, daß sehr häufig Leute dadurch erschlagen worden sind, wenn sie unvorsichtig demselben zu nahe kamen, und es in Schwankungen gerieth, ein Schlag davon gegen den Kopf zerbrach denselben, als wäre er ein bloßer Scherben.

Dieses Widerstandes wegen hat man alle möglichen Formen für die Schiffe versucht, hat sie vorne, wo sie das Wasser theilen sollen, breit und spitz und rund und scharf gemacht und ist noch immer mit den Versuchen darüber nicht fertig. Die Wirkung der Ruder beruht nur auf dem Widerstande des Wassers, die Wirkung der Räder bei Dampfschiffen eben so; der Fisch durchstreicht das Wasser mit großer Schnelligkeit, weil er mit seinen Flossen sich dagegen stemmt und dieselben in einer Stellung wieder

Digitized by Google

nach vorne bringt, in welcher sie das Wasser durchschneiden, sein breiter Ruderschwanz drückt das Wasser abwechselnd rechts und links zur Seite, und da es Widerstand leistet, so schiebt sich an diesem Widerstande der Körper des Fisches vorwärts. Welch eine Höhe dieser Widerstand bei schneller Bewegung erreicht, sehen wir an der Wirkung des Schraubenschiffes: Der Apparat, welcher einen Coloß von 1,500 Tonns (ein Tonn ist ein eingebildetes Gewicht von 2000 Pfund) Tragefähigkeit bewegt, ist eine Schraube mit einem Gange von 5 Fuß Durchmesser, deren Axe parallel mit dem Kiel des Schiffes, deren scharf schneidender, aus mächtigen Eisenplatten gemachter Gang senkrecht auf diese Richtung steht.

Wir werden am Ende dieses Buches den Gegenstand näher betrachten, hier sei nur gesagt, daß allein, vermöge des Widerstandes, den das Wasser der gedreheten Schraube entgegensetzt, das ungeheuere Schiff bewegt wird. Wenn das Wasser nicht aus seiner Stelle wiche, so würde es gleich einer Schraubenmutter wirken, und das Schiff würde bei jeder Umdrehung der Schraube um die Länge eines Schraubenganges vorwärts gehen, da aber das Wasser ausweicht, so bewegt sich das Schiff nur mit dem Ueberschuß dessen vorwärts, was auf die Vertreibung des Wassers verwendet worden ist, es wird nun aber um so schwerer werden, dieses Wasser aus der Schraube zu vertreiben, je schneller dieselbe sich bewegt, und daher hat man zur Bewegung derselben sehr zusammengesetzte Rädermaschinen, mittelst deren eine Zahl von Umdrehungen bewerkstelligt wird, so groß, daß der zur Bewegung des Schiffes restirende Ueberschuß bedeutend genug ist, den ganzen Coloß mit Schnelligkeit zu treiben. Das zweite Schraubendampfschiff der französischen Marine, „der Napoleon", hat 70 Kanonen, 1000 Mann am Bord und deren Proviant, die Munition und die ungeheuere Masse von Kohlen, welche zur Heizung zweier mächtiger Dampfmaschinen von 300 Pferdekraft nöthig. Vermöge der Wasserschraube wird dieser Coloß nach jedem Belieben bewegt, und er folgt dem Steuer auf das Williste.

So kann, wie man sieht, der Widerstand des Mittels selbst als eine bewegende Kraft benutzt werden. Die Fische und Amphibien, ja der Mensch und die Säugethiere sogar, benutzen auch diesen Widerstand, um zu schwimmen, allein selbst der Widerstand der Luft, der doch gering genug zu sein scheint, wird so benutzt von Vögeln und fliegenden Insekten — diese letzteren sind in solcher Hinsicht sogar viel merkwürdiger als die Vögel. Wenn ein Condor mit ausgespannten Flügeln 14 Fuß messend, eine Luftfläche von 36 Quadratschuh zusammendrückt, so wundern wir uns nicht, wenn er seinen 30 Pfund schweren Körper darauf erhebt — allein wenn eine Hummel mit Flügeln, wie die Stubenfliege sie hat, ihren wie es scheint ganz un-

Digitized by Google

verhältnißmäßig schweren Körper auf diese kleinen, zarten Membranen, die wir ihre Flügel nennen, stützt und mit Schnelligkeit sich erhebt, und nach jeder beliebigen Richtung fliegt, so ist dies denn wohl geeignet, uns zu lehren, daß die Luft ein Körper sei, welcher einen bedeutenden Widerstand leistet.

Nur dem Menschen ist es noch nicht gelungen, denselben zu benutzen, um sich darauf zu erheben, so viele Versuche auch in dieser Richtung gemacht sind. Man ist immer von dem thörichten Gedanken ausgegangen, die Vögel nachzuahmen, man hat aber vergessen, daß es dem Menschen an Kraft gebricht, ein Flügelpaar, seiner Schwere angemessen, in Bewegung zu setzen. Die Brustmuskeln eines Vogels, mit denen er die Flügel hebt und senkt, wiegen so viel als der ganze übrige Körper (ohne den Federapparat), wo an dem menschlichen Körper wäre ein Muskelpaar zu finden, welcher nur den zehnten Theil des ganzen Körpers wöge?

Die Versuche, welche angestellt sind, haben immer einen gewissen Werth, sollte er auch ganz negativ sein, sollte er nämlich nichts weiter lehren als: „so geht es nicht!“

Auf diese Weise lernt man nach und nach die Unmöglichkeiten kennen, und die Zahl der Fälle wird geringer, in deren Grenzen sich die noch nicht gefundene Möglichkeit bewegt. Der Verfasser hält es auch noch für möglich, sich in die Luft zu erheben, durch mechanische Kraft, aber nicht mittelst der Flügel, dies kann nur ein mit den Gesetzen der Statik und Mechanik gar nicht vertrauter Mann noch glauben oder versuchen — allein vielleicht geht es auf dem Wege der schiefen Ebene.

Das Kinderspielzeug, welches wir Drachen nennen, giebt uns schon einen Fingerzeig, es ist eine schiefe Fläche, gegen welche der Wind drückt, und die sich auf den Flügeln des Windes erhebt. Ist der Drache groß, so kann man mittelst desselben nicht unbedeutende Gewichte heben; die französischen Schmuggler bedienen sich der Drachen, um an deren Schweif hochbesteuerte Substanzen über die Grenze zu schaffen, Carmin, Brüsseler Spitzen, Genfer Taschenuhren und dergleichen, sie hängen 10 Pfund, 15 Pfund an den Drachenschwanz, und der Drachen, wenn er groß genug ist, nimmt dieses Gewicht ohne die mindeste Schwierigkeit mit sich. Ist er auf Schweizerboden in der Nacht, eine viertel Lieue von der Grenze aufgestiegen, an einer Schnur, die eine halbe Meile lang ist, so steht er jenseits der Grenze, so weit als der Schmuggler diesseits.

Durch einen sogenannten Apostel, eine Scheibe von Pappe, welche durch den Luftdruck mit nicht geringer Gewalt an der Schnur hinausläuft, kann am Drachen selbst ein kleines Schloß ausgelöst werden, wodurch eine von den beiden Schnüren, welche den Drachen in schräger Stellung erhält,

Digitized by Google

abgeſchnitten wird, und nun fällt der Drachen und wird entlaſtet von dem Kameraden des Schmugglers, dann aber wieder zum Steigen gebracht und in der Luft zurückgezogen, bis er die Grenze wieder paſſirt hat.

Was nun hier die ſchiefe Fläche thut, durch die Luft bewegt, iſt eine Kleinigkeit im Vergleich mit dem, was ſie an einer Windmühle leiſtet, man conſtruirt ſie jetzt viel beſſer als ſonſt, indem man eiſerne Axen und Federn anwendet, fünf bis ſechs Flügel, ſtatt vier, wie Fig. 474 zeigt, und wie deren

Fig. 474.

jetzt häufig gebaut werden, aber dieſe beſſeren Conſtructionen dienen uns bei Weitem nicht ſo gut zum Beweiſe für die enorme Kraft des Windes, als gerade die alten, ganz ſchlechten Dinger, wie ſie auf jedem polniſchen Dorfe zu finden ſind, ganz von Holz gebaut, mit einem hölzernen Wellbaum von ¾ Elle Durchmeſſer, in einem hölzernen Lager laufend, kaum mit etwas Seife geſchmiert, ein elendes hölzernes Getriebe, mit der Axt behauen, und an dieſem einen ungeheueren, 6 Fuß im Durchmeſſer haltenden Stein in Bewegung ſetzend. Dies alles thut ein paar ſchlechter Windflügel von 3 Fuß Breite, auf die elendeſte Weiſe aus Schindeln, aus geſpaltenen Streifen Föhrenholz höchſt ungeſchickt zuſammengeſetzt. Sechs ſolche Mühlſteine könnte derſelbe Luftzug treiben, bei eiſernem Räderwerk, eiſernen Axen und Flügelbalken (Federn) und bei großen Blechplatten ſtatt der Schindeln, auf welche der Wind ohne Hinderniß drücken könnte.

Nun, lieber Leſer, ſtelle dir einmal vier oder fünf ſolche Flügel von möglichſt dünnem Holz, ganz hohl gearbeitet, horizontal laufend, auf einer vertikalen Axe beweglich vor, ſtelle dir des Ferneren vor, du hätteſt eine kleine

Digitized by Google

Dampfmaschine mit Hochdruck, von 4 Pferdekraft — die man im Gewicht von höchstens 2 Centnern machen kann, und du befändest dich mit dieser kleinen Maschine auf einem leichten aber festen Gestelle, und die Maschine drehete die horizontalen Flügel nur einmal in der Secunde um ihre Axe, glaubst du nicht, die Flügel würden dich sammt der Maschine und noch dem nöthigen Proviant, und einigen Scheffeln Kohlen, leicht und bequem mit in die Luft heben? Es ist eine Idee und weiter nichts! aber ich bin vollkommen von der Ausführbarkeit überzeugt, denn die Windmühlenflügel leisten wenigstens fünfzig Mal mehr als hier verlangt wird, auch die Schraube, welche das Dampfschiff treibt, muß unendlich mehr thun, zwar in einem 800mal mehr Widerstand leistenden Mittel, aber auch an einem Coloß, der 80,000mal, ja wohl 800,000mal mehr beträgt als die Last, welche hier der Luft aufgebürdet werden soll.

Der Verfasser trägt diesen Gedanken schon seit mehr als 20 Jahren mit sich herum, hat auch vor ungefähr 15 Jahren bereits darüber mit dem als Techniker und Beförderer der Industrie in Preußen bekannten und verdienten Geheimenrath Beuth in Correspondenz gestanden, und derselbe wußte — „da der Gedanke nichts Widersinniges enthält", wie er schrieb, die Ausführung, welche ihm bei den großen Mitteln, über die er verfügte, eine Kleinigkeit gewesen wäre — nicht anders abzulehnen, als indem er sagte: „er glaube nicht, daß ein Mensch diese Schraube würde drehen können", davon war freilich nicht die Rede!

So wartet der Gedanke noch auf Jemanden, der sich die Mühe geben will, ihn auszuführen. Der Verfasser will ihn einem jeden Mechaniker recommandiren und sich selbst nur die Priorität des Gedankens verwahren, welche er allenfalls auch durch Beuth's Briefe beweisen kann.

Daß auf diese Art nicht bloß das Heben, sondern auch das Lenken möglich sei, versteht sich von selbst, es ist nur noch eine zweite ähnliche Schraube auf horizontaler Axe noth, welche, während die vertikale Axe hebt, nach irgend einer Seitenrichtung zieht.

Dies über den Widerstand des Mittels, welcher als hindernd, die Bewegung störend, in den Weg tritt, dagegen wieder zu anderen Zwecken benutzt werden kann. Eben so ist es mit der Reibung.

Reibung.

Diese findet besonders statt zwischen starren Körpern, und kann zwischen starren und flüssigen, beinahe als nicht vorhanden, angesehen werden, allein wenn die Oberflächen der festen Körper, die sich in flüssigen bewegen,

Digitized by Google

sehr rauh sind, dann findet auch hier eine Reibung statt, die sehr von Bedeutung wird. Ein Schiff, welches mit Kupferbeschlag vom Stapel läuft, und als trefflicher Segler die Reise nach Jamaika oder irgend einer anderen westindischen Station macht, kehrt meistentheils als ein überaus schlecht segelndes Schiff zurück (besonders wenn sein Kupferbeschlag gut galvanisirt, d. h. mit Zinkplatten gegen das oxydiren geschützt war).

Das Fahrzeug hatte die schönste Politur, als es von England abfuhr, es kommt aber zurück, ganz bedeckt mit den Kalkgehäusen einer, in den indischen Gewässern sehr häufigen Gattung von Seegewürmen, welche dem Wasser solch einen Widerstand entgegen setzen, daß es bei gleichem Winde nicht den vierten Theil der Bahn zurück legt, welche früher von ihm gemacht wurde, als es mit blankem Kupferbeschlag seinen Hafen verließ.

Allein wenn zwischen zwei an sich ziemlich glatten Flächen eine Flüssigkeit gebracht wird, und wäre es nur Wasser, so ist die Reibung schon bedeutend vermindert, noch mehr geschieht dies durch Oel, Talg, oder irgend eine andere Fettigkeit. Bei Holz wendet man in der Regel nicht Fett an, weil dies die Oberfläche bald verläßt und eindringt in die Substanz, wo die Fettigkeit nichts helfen kann, man nimmt statt dessen Seife oder gepulverten Graphit. Vor allen Dingen aber ist Glätte der beiden Oberflächen, die auf einander zu liegen kommen, das Wesentlichste. Ein breiter Schlitten mit Holzkufen (in der gewöhnlichen Rede eine Schleife genannt), auf der lockeren Erde stehend, einigermaßen belastet, ist sehr schwer zu bewegen — ein mit Eisen beschlagener Schlitten, auf glatter Schneebahn, gleitet beinahe von selbst. Eine Holzriese, eine schräge Ebene, aus 4 bis 5 neben einander liegenden Bäumen und vielleicht ein paar 100 der Länge nach an einander gestoßenen, bestehend, ist bestimmt ganze Bäume (jedoch ohne ihre Aeste) von den Gebirgen in die wegsamen Thäler zu bringen. Bei trockenem Wetter muß die Riese schon sehr steil sein, wenn die Sache Fortgang haben soll, bei trockenem Wetter fällt man die Bäume, entästet sie und bringt sie in die Nähe der Riese, so wie Regenwetter eintritt beginnt das herunterschaffen, Baum an Baum wird auf die Riese gebracht, und kaum hat er einen geringen Anstoß bekommen, so gleitet er auch schon, anfänglich langsam, dann immer schneller die Bahn herab, und kommt unten mit einer so vehementen Schnelligkeit an, daß man mit großem Fleiße darauf sieht, die liegenden Bäume aus dem Wege zu schaffen, weil ein solcher, von einem herabfallenden getroffen, in mehrere Stücke zerschmettert wird. Darum aber richtet man die Riese auch so ein, daß sie gegen ihr Ende immer weniger geneigt wird, und daß die Bäume zuletzt eine weite Strecke

Digitized by Google

auf der weichen Erde fortgehen, hierdurch wird die Reibung wieder vermehrt und ihr Gang verzögert.

Kein Körper ist vollkommen glatt, selbst polirter Stahl nicht, man kann sehen, daß die feinste englische Nähnadel, so schön gespitzt, geschärft und geglättet, daß sie in die Haut gestochen werden kann, ohne daß es schmerzt, aus unzähligen Erhöhungen und Vertiefungen besteht, wenn man sie durch ein Mikroskop betrachtet, neben der Schärfe eines Bienenstachels, welcher unter dem Mikroskop so erscheint, wie den bloßen Augen, sieht die Nadel aus wie ein vom Grobschmied bearbeiteter eisener Keil, wie der Bolzen eines Plätteisens.

Haben nun diejenigen Körper, welche wir polirt nennen, schon Berg und Thal neben einander, wie nun erst die bloß geschliffenen oder gar die bloß gefeilten? Daher die Reibung, welche darin besteht, die Unebenheiten, welche in einander greifen, entweder abzureißen, so viel als möglich, und dadurch die sich reibenden Theile zu glätten (daher die Politur, welche Axen nach und nach annehmen, welche lange auf ihren Lagern laufen, daher die blanken Schlüssel, welche man in der Tasche trägt und täglich oftmals braucht), oder den Berg aus dem Thal über den benachbarten Berg hinweg zu heben und dies Maneuvre immerfort zu wiederholen.

Die Reibung ist ein großes Hinderniß der Maschinenbewegung, daher ist es von Wichtigkeit, ihre Größe zu kennen, und deshalb hat man viele Versuche angestellt, um diese Größe zu ermitteln. Wenn das Gewicht eines Körpers bekannt ist, und die Kraft, welche nöthig ist, dieses Gewicht zu überwinden, so ist der Bruch, der aus der letzten Zahl, dividirt durch die erstere entsteht, der Reibungscoefficient.

Ein Cylinder von 100 Pfund steht aufrecht auf einem Tisch. Um ihn fortzuziehen braucht man eine Kraft von 70 Pfund, so ist die letztere Zahl als Zähler, die erstere als Nenner, der Bruch $^{70}/_{100}$ oder $^{7}/_{10}$, dies ist der Reibungscoefficient. Bestreicht man den Tisch und die Kreisfläche des Cylinders (die Basis desselben) mit Fett, so geschieht die Bewegung schon durch 30 Pfund, dann ist der Reibungscoefficient also $^{30}/_{100}$ oder $^{3}/_{10}$, legt man den Cylinder aber auf seine rollende Seite, so bewegt man ihn auf einem ebenen Tische schon mit einer Kraft von 5 Pfund, der Reibungscoefficient ist $^{5}/_{100}$ oder $^{1}/_{20}$. Eben dieser Coefficient wächst aber wieder, so wie man die Ebene aus einer horizontalen in eine geneigte verwandelt, und der Cylinder den Berg hinauf gerollt werden soll; darum keuchen die Pferde vor der leichten Kutsche, welche sie auf der ebenen Chaussee spielend und trabend hinter sich her ziehen, wenn sie bergan gehen, sie traben nicht mehr und sie

Digitized by Google

strengen ihre Glieder an, um die mit jeder Vergrößerung des Winkels, den die Chaussee mit der Ebene macht, steigende Reibung zu überwinden.

Durch Versuche hat man einige Sätze ermittelt, an welche man sich noch immer hält, obwohl sie zum Theile schon sehr alt sind. So hat man gefunden, daß bei Körpern von derselben Beschaffenheit die Reibung im Verhältniß mit dem Drucke wächst, daher es ziemlich gleich ist, wie lang eine Axe, denn liegt ein Centner auf einer Fläche von 10 Zoll, so drückt er auf jeden Zoll mit 10 Pfund, drückt er auf eine Fläche von 5 Zoll, so drückt er auf jeden Zoll mit 20 Pfund, aber 10 mal 10 ist eben so viel als 20 mal 5, beides ist gleich. Anders ist es mit dem Umfang der Axe, hier wird das Verhältniß des Durchmessers von Axe und Rad um so günstiger, je größer der Unterschied ist, die Bewegung geschieht an einem längeren Hebelarm.

Ist umgekehrt der Druck bei der Größe der Reibungsfläche immer gleich, also z. B. immer 10 Pfund auf den Zoll, so wächst die Reibung mit der Fläche, denn auf 10 Pfund Quadratzoll drücken nur 100 Pfund, auf 20 Zoll aber 200, der Druck wächst also mit der Ausdehnung der Fläche.

Die Reibung ist um so größer, je rauher die Oberfläche und um so größer, je gleichartiger die Substanzen sind, so reibt sich Stahl auf Stahl oder Messing auf Messing viel mehr als Stahl auf Messing, ja man hat gefunden, daß, je weicher das Lager ist, desto geringer die Reibung, die Härte der Axe als gleichbleibend vorausgesetzt; so ist der Reibungscoefficient von Eisen auf Messing $^{2}/_{100}$, der von Eisen auf Kupfer nur $^{1}/_{100}$, Holz auf Holz leistet sehr starken Widerstand, er geht bis auf $^{50}/_{100}$, geringer ist derselbe, wenn die Pfanne aus Langholz und die Axe aus Hirnholz besteht, dies ist jedoch nicht practisch, weil Hirnholz eine geringe Tragkraft hat, eine solche Axe also leicht bricht; macht man es aber umgekehrt und macht die Pfanne, das Lager von Hirnholz, so reibt dieses die Axe reifig und schneidet sie durch.

Sehr merkwürdig ist es, daß die Reibung die harten Körper leichter zerstört als die weichen. Die Glas- und Edelsteinschleifer poliren und graviren die allerhärtesten Edelsteine mit kupfernen Scheiben und Knöpfchen. Diese werden mit Oel versehen und mit feinem Schmirgel oder bei harten Steinen mit Diamantstaub bestreut und, mittelst desselben werden die Steine geschnitten, so behandelt man den Rubin und den Granat, so den Smaragd und den Diamant, die Kupferschale leidet nicht zum tausendsten Theile so viel als der Edelstein. Auch im Großen sieht man dies am Zersägen der Granit-, der Marmorsteine zu Tafeln; die Säge ist ein Blatt von Blei (natürlich ohne Zähne), welches nach Art einer Säge gespannt ist und

Digitized by Google

über dem Block schwebend erhalten wird. Auf den Schnitt und späterhin in den Schnitt wird Sand gestreut und Wasser gegossen, die Säge aber immer hin und her bewegt, nur so wird der Block durchschnitten, aber eine große Menge von Blöcken kann in Tafeln zerlegt werden, bevor die Säge verbraucht ist.

Es kommt dies zwar auf den oben betrachteten Satz heraus, daß ungleichartige Körper beim Reiben weniger Hinderniß darbieten, der Sand den Stein (das Gleichartige) also stärker angreift als das weiche Blei (das Ungleichartige), allein dies genügt doch noch keineswegs vollständig zur Erklärung des Phänomens. Vielleicht befestigt sich der Sand in dem Blei wie in einer Fassung und reibt also gar nicht an demselben, sondern nur an dem Steine, an welchem er schleifend vorübergeht.

Im Widerspruch mit diesen Erfahrungen scheint zu stehen, daß man jetzt in der neueren Maschinenbaukunst doch vorzieht, stählerne gehärtete Axen auf Lagern von gehärtetem Stahl laufen zu lassen und daß, wo Reibung möglichst vermieden werden soll, wie bei Uhren, die Axen vom feinsten und härtesten Stahl auf Lagern oder in Löchern von polirten Edelsteinen gehen.

Unter den Schmiermitteln, welche man nicht allein anwendet, um eine gewisse Kraft, die durch die Reibung verloren geht, zu ersparen, sondern auch um der Zerstörung der reibenden Körper zuvorzukommen, beginnt das trockne Graphitpulver einen bedeutenden Rang einzunehmen. Der Graphit ist so hart, daß er Glas ritzt (Diamant ist reine Kohle, das härteste, was wir auf Erden kennen, Graphit ist auch Kohle, mit etwas Eisen versetzt), durch solches Pulverisiren wird er in unfühlbar feine Kügelchen zertheilt, diese zwischen Axe und Lager gebracht, verwandeln die reibende Bewegung in eine über Rollen hinwälzende und diese ist außerordentlich viel geringer als die gewöhnliche.

Wo man kann, verwandelt man daher die gleitende Reibung in eine wälzende, und nichts anderes hat der Genfer Uhrmacher gethan, der in seinen Taschenuhren an Stelle des dicker werdenden Oeles, welches nach und nach die Bewegung hemmt, Graphitpulver brachte, und nichts anderes thut der Kutscher, welcher die Last vom streifenden Schlitten auf den rollenden Wagen bringt.

Allerdings ist auch hierbei die gleitende Reibung durchaus nicht beseitigt, sie findet sich zwischen der Axe und der Nabe wieder, nur wo der Radkranz auf der Ebene der Straße aufsteht, ist statt der schleifenden Reibung die rollende eingetreten, an der Axe ist sie geblieben, allein da hier zugleich der Hebelarm der Radspeiche günstig für die Verringerung der

Digitized by Google

Reibung wirkt, so ist ein entschiedener Gewinn vorhanden. Das Rad berührt den Boden nur in einem sehr kleinen Raum, indeß die Schleife mit ihrer ganzen Länge auf den Boden drückt, das Rad aber gleitet nicht so, wie wenn es gehemmt ist, über den Boden, sondern es setzt immer ein anderer Theil desselben für den weichenden ein, wie es Jedermann an der rollenden Bewegung kennt.

Da nun aber zweierlei Reibung zu überwinden ist, so müssen bei dem Wagen z. B. auch beide in Betracht gezogen werden, man macht deshalb die Axe so dünn, wie es sich mit der Sicherheit der Reisenden irgend verträgt und giebt der Bahn, worauf die Räder rollen, so viel Festigkeit und Glätte, wie thunlich; so sind die Fahrbahnen von Granitplatten viel besser als Steinpflaster oder Chaussee, noch besser sind die Asphaltstrecken, welche an manchen Orten die Bahn bilden, für die Pferde dagegen ist eine so große Ebenheit nicht gut, weil sie leicht ausgleiten.

Da es bei dem Rollen immer darauf ankommt, daß das Rad über die Hindernisse hinweg gehoben wird, so ist auch das Anspannen von Wichtigkeit und die Höhe der Räder hat in der Größe der Pferde eine bestimmte Grenze. Der Zug darf nie horizontal, viel weniger abwärts sein, das Pferd muß immer aufwärts ziehen, seine Brust mit dem Sielengeschirr muß etwas höher sein als die Axe des Wagens.

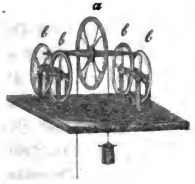
Die größten Steinblöcke bewegt man auf untergesetzten Rollen, ein Monolith, wie der von Luxor, wurde auf Rollen von seinem Standpunkte an das Schiff und in Paris von diesem wieder an seinen jetzigen Standpunkt gebracht, und auf Rollen kann man das Schiff, welches ihn gebracht, mit seinem ganzen Inhalt auf's Land ziehen. Hier aber tritt wieder vor Allem die Reibung des Radkranzes (der Rolle, welche nur eine eingebildete Axe hat) auf und sie ist eine keineswegs zu vernachlässigende Größe. Bei gutem ebenen Steinpflaster werden 1000 Pfund mit einer Kraft von 40 Pfund, auf einer Chaussee mit 100 Pfund gezogen, auf einem trockenen, harten Landwege mit 150, im Sande mit 300 Pfund. Man sieht, welchen Unterschied die Unterlage macht, und daher ist es kein Wunder, wenn Handel und Verkehr Verbesserung der Straßen fordernd, Chausseen als Verbindungs-, Eisenbahnen als Hauptwege angelegt werden. Auf diesen letzteren kann man nämlich 1000 Pfund Last mit 6 Pfund Kraft fortschaffen, ein Pferd zieht also auf einer Eisenbahn 15 mal so viel als auf der Landstraße.

Eins der vortrefflichsten Mittel, die Reibung von Axen zu vermindern, sind die Frictionsrollen. Wo große Schwungräder mit ihrer vollen Kraft wirken sollen, wo sie zur Wirkung der Maschine beitragen, wie bei den Walzwerken, welche mitunter Räder von 30 Fuß Durchmesser haben, bei

Digitized by Google

Mühlen mit sehr hohem Fall, aber wenig Wasser, wobei Räder von 40 Fuß Durchmesser vorkommen, wo also Ersparung von Kraft etwas sehr Wesentliches ist, bringt man deren gern an. Man stellt zwei Räder *b b* so neben einander, daß der Kranz des einen nahe bei der Axe des anderen vorbei geht. Dadurch bildet sich zwischen den beiden Radkränzen eine Vertiefung, in diese kann man die Axe eines anderen Rades legen. Fig. 475 zeigt eine solche Anlage, *a* ist das große Rad, welches natürlich im Verhältniß sehr viel größer sein kann, als hier gezeichnet; seine quer hindurchgehende Axe liegt auf jeder Seite auf einem Paar solcher Räder; indem es sich umdreht, reibt seine Axe nicht auf dem Lager, sondern sie wälzt sich über die Radkränze hin. Die Arbeiter in Fabriken, denen es unbequem ist, mit einem nach ihrer Ansicht zerbrechlichen Werkzeug umzugehen, behaupten zwar, sie gewönnen nichts, sondern sie erlitten einen bedeutenden Verlust, weil sie früher die Zapfenreibung an einer Axe gehabt, jetzt aber eine solche (vorausgesetzt die Reibung bei der Axe von *a* sei wirklich Null geworden) an vier Axen hätten; es läßt sich aber beweisen, daß diese Angabe falsch ist, die vier Axen können nicht mehr reiben, als ursprünglich die eine, weil das Gewicht, das die eine zu tragen hatte, auf alle vier vertheilt ist (trug die eine Axe 100 Pfund, so tragen die vier ja nicht 400, sondern 4 mal 25, also auch nur 100 Pfund), ferner aber wird bei jeder Umdrehung von *a* ohne Rollen seine Axe einmal umgedreht, mit Friktionsrollen werden aber die kleinen Axen im Verhältniß der großen Axe zum Umfang der Rollen umgedreht, hatten also die Räder einen sechsmal so großen Durchmesser als die Hauptaxe, so werden bei einmaliger Umdrehung der Hauptaxe doch die kleinen nur um ⅙ umgedreht werden, somit wären wirklich ⅚ erspart. Nächstdem läßt sich aber gegen die Praxis gar nichts einwenden, ein Rad, auf Friktionsrollen laufend, behält seine Bewegung durch das Beharrungsvermögen viel länger bei, als wenn es auf Lagern ruht, und wo man sonst zu seiner Bewegung vier Menschen braucht, da genügt jetzt die Kraft eines einzigen, allein gegen das Vorurtheil kämpfen und gegen den Stachel lecken, sind gleich schwierige Aufgaben.

Fig. 475.



Die Reibung, deren Nachtheile wir bisher betrachtet haben, ist uns in tausend Dingen von größtem Nutzen, ja sie ist uns so nothwendig, daß sie in vielen Fällen künstlich hervorgebracht werden muß. Der Wagen würde mit zunehmender Schnelligkeit den Berg hinabrollen und dem Pferde die

Digitized by Google

Beine zerbrechen; man verursacht eine starke Reibung, indem man einen Rad- oder Hemmschuh, von hohen Bergen abwärts zwei Hemmschuhe anlegt. Ein Eisenbahnzug geht von einer schrägen Ebene hinab oder er soll angehalten werden, man verursacht Reibung, indem man die Räder mehrerer Wagen zwischen die Bremsen nimmt und so ihr Rollen erschwert; dem Windmüller droht der wachsende Sturm die Mühle zusammenzubrechen, er bremst das größte Rad und sie steht still; es soll eine Last von einer Höhe herabgelassen werden, man schlingt das Seil, woran sie hängt, einmal um einen runden Balken und ein Mann regiert 10 Centner; es sind aber 100 Centner herabzulassen und auch nur ein Mann vorhanden, so schlingt er das Seil dreimal um den Balken und nun wird er auch darüber Herr. Nur durch Reibung setzt die Schnur eine Drehbank, die Saite das Spinnrad, der zweihandbreite Riemen das größte Schleifwerk in Bewegung; Reibung an den Riemscheiben giebt der ganzen Spinnerei mit tausenden von Spulen Leben, Reibung überträgt die Bewegung der Hauptwelle einer Dampfmaschine auf hundert Metalldrehbänke, Hobelmaschinen u. s. w.

Durch Reibung hält man etwas fest in seinen Händen; weil er zu wenig Reibung darbietet, ist ein Aal so schwer zu halten, durch Reibung hält Baumwolle und Wolle zu einem Faden zusammen, woraus folgt, daß wir ohne Reibung keine Gewebe und keine Kleider haben würden. Durch Reibung hält der Hanf in dem Bindfaden, durch Reibung der Bindfaden in dem Seil zusammen, das Ankertau mit seinem 7000 Pfund schweren Anker hält vermöge der Reibung das Schiff im Sturm fest und wenn das Seil reißt, so hat die Cohäsion seiner Fäden, aber nicht die Reibung das Spiel verloren.

Durch Reibung allein ist es uns möglich, daß wir sicher auf dem Erdboden wandeln, wie schwer wird es uns schon, auf einem gebohnten Fußboden zu gehen, wenn wir dessen nicht gewohnt sind, wie Viele vermögen nicht über eine glatte Eisfläche zu gehen, und wenn nach anhaltendem Frost Thauwetter eintritt, Glatteis entsteht, so ist nicht zu zählen, wie viele Personen dabei fallen und doch ist bei allen diesen Fällen die Reibung gar nicht aufgehoben, sondern nur sehr vermindert.

Ohne Reibung würde nichts zusammengenagelt, gebunden, geflochten, geschraubt werden können, die Schraube hält nur vermöge der Reibung, ist der Gang der Schraube sehr steil, so ist die Reibung auch nicht groß genug, und sie hält also nicht, wie man an den englischen Pfropfenziehern sehen kann. Ohne Reibung würden nur ganz gerade Gegenstände auf ganz geraden Unterlagen ruhen können, aber der schwerste Steinblock würde vom Winde fortgeschoben werden. Der Mauerstein wie der Fels, welche trotz des Or-

Digitized by Google

kann liegen bleiben, danken ihre Stetigkeit nur der Reibung und auch die Eisenbahnen können der Reibung nicht entbehren, obwohl man glaubt, ihr Hauptverdienst sei Verringerung der Reibung. Die Räder der Locomotive werden angedrückt, dabei reiben sie sich an den Schienen und diese Reibung, welche die moderne Technik „Adhäsion" genannt hat, ist so stark, daß sie die rollende Reibung einer zwanzig- und mitunter vierzigmal größeren Last überwindet. Das Locomotivrad wird gedreht, es ruht mit 400 Centner Gewicht auf den Schienen, hierdurch entsteht eine solche Reibung, daß die Locomotive vermöge derselben sich fortwälzt, sie nimmt nun den Tender und dieser einen Wagen nach dem anderen mit sich fort. Diese alle rollen, die Locomotive allein reibt, rollt nicht; bei den anderen Wagen drehen sich die Räder, weil der Wagen fortgeschoben wird, die Locomotive wird fortgeschoben, weil die Räder sich drehen. Ist die Bahn glatt, ist sie beregnet, so gleiten die Räder auf der Bahn, indeß die Maschine still steht.

Stoß.

Fast alle Bewegung läßt sich auf den Stoß zurückführen, auch dasjenige, was wir Zug (ziehen) nennen, das Pferd zieht den Wagen, was ist es denn aber anders, als daß es das Brustblatt seines Geschirres oder den Kummet vor seiner Brust, vor seinen Schultern herschiebt. Eine Luftpumpe verursacht die Bewegung des Stempels in der luftleer gemachten Röhre nicht dadurch, daß der leer gewordene Raum zieht, sondern daß der gefüllte Luftraum sich in dem leer gewordenen Raum zu ergießen strebt und das Hinderniß, den Stöpfel oder Stempel vor sich her stößt; die Spritze, welche in das Wasser getaucht und aufgezogen sich voll Wasser saugt, füllt sich nicht, weil die verdünnte Luft im Innern des Stiefels das Wasser an sich zieht, sondern aus der vorhin berührten Ursache, weil die Luft auf Alles, also auch auf die Wasserfläche drückt, in der das Spritzenrohr steht und da nun an einer Stelle solch ein Druck nicht stattfindet, so wird das Wasser dahinein getrieben, nicht wie der Sprachgebrauch sagt gezogen oder gesogen.

Sind zwei Körper einander noch so nahe oder von einander noch so fern, so werden sie sich nicht stoßen, so lange sie beide in Ruhe sind, der Stoß fordert, daß von zwei Körpern einer in Ruhe und einer in Bewegung oder daß beide in Bewegung seien.

Wenn zwei Körper auf einander treffen, so kann der Stoß so geschehen, daß eine Linie, welche beide Mittelpunkte verbindet, auch zugleich diejenige Linie ist, in welcher beide Körper sich bewegen oder der eine Körper sich bewegt und der andere ruhende Körper sich bewegen wird, nachdem der

Digitized by Google

Stoß abgegeben ist,*) so nennt man dies einen centralen Stoß; excentrisch ist dagegen der Stoß, wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, dabei können die Körper einander entgegen kommen, vor einander herlaufen, in sehr verschiedenen Richtungen gehen, immer kann der Stoß ein excentrischer sein.

Ein Stoß ist senkrecht, wenn er central ist, er ist schief, wenn er excentrisch ist, allein er kann auch senkrecht sein, ohne central zu sein, wenn nämlich eine Kugel auf eine Fläche stößt in senkrechter Richtung, ohne die Mitte der Fläche zu treffen, eben so kann der Stoß die Mitte treffen und doch schief sein, wenn eben der gestoßene Körper eine Fläche darbietet.

Die Gesetze des Stoßes modificiren sich, je nachdem die Körper hart, elastisch oder weich sind. Da die weichen durch den Stoß in ihrer Form immer verändert, wohl gar getrennt werden und man weder die tausendfachen Umgestaltungen noch die zerstreuten einzelnen Stücke weiter verfolgen kann, so schließt man die weichen Körper stets von der Betrachtung aus, wenn es sich um die Gesetze des Stoßes handelt; da aber auch Härte und Elasticität in unendlichen Modificationen vorkommen, so betrachtet man auch diese Eigenschaften nur, als wären sie den Körpern im vollsten Maße gegeben, als wären sie absolut elastisch oder absolut hart.

Stoßen zwei harte, unelastische Körper zusammen, so vertheilt sich die Summe ihrer Bewegung in die Masse, geht der eine Körper mit der Bewegung 4 vorwärts und holt ihn der andere ein, mit der Bewegung 2 laufend, so eilen nach dem Zusammentreffen beide mit der Bewegung 6 fort und folglich der eine langsamer, der andere schneller als vor dem Stoße, jeder mit 3 Fuß, wenn ihre Masse gleich war, mit verhältnißmäßiger Geschwindigkeit, wenn ihre Masse ungleich ist.

Ist die Bewegung der beiden harten Körper einander entgegengesetzt, so gehen sie mit der Differenz ihrer Bewegungen weiter, d. h. stoßen zwei Körper mit den obigen Geschwindigkeiten zusammen, so bleibt als Differenz für ihre Bewegung 2 nach derjenigen Richtung, wohin die schneller laufende Kugel ging. Mit dieser Schnelligkeit gehen aber beide, also für jede 2 dividirt durch 2, d. h. 1 fort.

Practisch beweisen lassen sich diese Sätze kaum, weil es keinen vollkommen harten Körper giebt, deshalb sind sie auch nicht von großem practi-

*) Bei der ganzen folgenden Betrachtung hat man sich immer den gestoßenen Körper so wie den stoßenden kugelförmig zu denken. Auf die Gestalt der Kugel passen alle Gesetze, andere Formen unterliegen so vielen Modificationen, daß es unmöglich ist, sie in einem so kleinen Raum, wie der uns vorgeschriebene ist, sämmtlich zu erörtern.

Digitized by Google

schen Nutzen. Thonkugeln, nur getrocknet, nicht gebrannt, dienen noch allenfalls am besten zur Demonstration. Man läßt sich 10 oder mehr dergleichen formen, in deren jeder eine Bindfadenschleife mit einigen Enden und Knoten eingeknetet ist. Wenn sie vollkommen lufttrocken sind, hängt man sie an zwei Fäden auf, damit sie nur in einer bestimmten Richtung schwingen können und hängt sie auch alle gleich hoch, daß beim Aufeinanderstoßen ihre Mittelpunkte sich treffen. Hiermit wird man am sichersten die Gesetze finden können, wiewohl auch keineswegs ganz genau, da auch solche Thonkugeln nicht gänzlich ohne Elasticität sind.

Sind zwei harte Körper in einem solchen Verhältniß, daß der eine so groß ist, um von dem anderen, auch wenn er noch so schnell bewegt ist, keine Bewegung anzunehmen, so bleiben beide in Ruhe, der bewegte giebt seine ganze Bewegung ab an den ruhenden, in welchem sie untergeht (d. h. unbemerkbar, unmeßbar klein wird). Ist hierbei die Wirkung so groß, daß die Cohäsion der getroffenen Körpertheile überwunden wird, so zerspringt in der Regel der kleinere in vielen Stücken, der große aber erhält an der getroffenen Stelle einen Eindruck, welcher auch ein Zeichen der zerstörenden Gewalt des Stoßes zwischen harten Körpern ist. Hammer, Rammklotz, Bombe danken ihre Wirkung dieser Stoßkraft und sie ist ungeheuer, je nach der Bewegung der geworfenen und der Größe der gestoßenen Masse. Erreicht eine Flintenkugel von 2 Loth Gewicht ihr Ziel mit einer Geschwindigkeit von 750 Fuß in der Secunde, so übt sie auf den getroffenen Gegenstand (oder auf sich selbst, wenn der Gegenstand z. B. eine große Eisenplatte ist) einen Druck aus, wie ein Gewicht von 18- bis 19,000 Pfund, welches auf einem so kleinen Raum wie die Flintenkugel concentrirt wäre. Langt eine 24pfündige Kanonenkugel mit einer Geschwindigkeit von 1000 Fuß an einer Festungsmauer an, so übt sie auf dieselbe einen Druck aus, wie ein Gewicht von 12,000,000 Pfund und darüber. Bei Weitem nicht so viel wirkt eine Bombe von 100 Pfund, wenn sie aus einer Höhe von 3600 Fuß niederfällt, ihre Geschwindigkeit ist die einer ¼ Secunde im Beginn (denn sie ist dabei noch nicht volle Secunden gefallen), also 450 Fuß in der Secunde, darum ist ihre Wirkung auch nur gleich einem Druck von 8,000,000 Pfund, während die schneller gehende Kanonenkugel von ¼ des Gewichts doch eine um die Hälfte größere Wirkung hat.

Der Bär einer Ramme, wenn er 1000 Pfund wiegt, aber nur aus einer Höhe von 4 Pariser Fuß fällt, wirkt nur wie der Druck von 120,000 Pfund. Fällt, wie bei den sogenannten Kunstrammen, der Bär aus einer Höhe von 20 und mehr Fuß, so wirkt er fünfmal so stark, also wie der Druck von 600,000 Pfund, was schon beträchtlich mehr ist, als

Digitized by Google

der größte Widder der alten Römer ausüben konnte, dessen Gewicht zwar bedeutend genug, dessen Geschwindigkeit aber schwerlich mehr als 6 Fuß in der Secunde war, darum solche Maschinen gegenüber auch Mauern stehen blieben, welche eine 24pfündige Batterie in 10 Minuten in Staub verwandelt.

Ist der ruhende Körper im Verhältniß zum bewegten unendlich groß, so wird nicht der ruhende, sondern der bewegte zerstört, darum zerschellt ein Schiff am Felsen, darum zerschlägt eine Glasflasche auf dem Steinpflaster, ist umgekehrt der getroffene Körper zwar beweglich, dagegen der stoßende Körper in außerordentlich schneller Bewegung, so kann der getroffene Körper stellenweise zerstört werden, ohne in Bewegung zu gerathen. Wenn z. B. eine Büchsenkugel auf eine Fensterscheibe abgeschossen wird, so schlägt sie darin ein Loch, ohne daß die Scheibe weiter zertrümmert wird, eine Flintenkugel gegen eine offene, in ihren Angeln bewegliche Thür geschossen, durchbohrt diese zwar, man sieht dieselbe jedoch nicht wanken, ja wie außerordentlich wenig sich die Bewegung zwischen starren Körpern fortpflanzt, davon kann man sich durch ein sehr hübsches Experiment leicht überzeugen: man hänge eine Thonpfeife in zwei Haarschleifen und schlage mit einem Stabe rasch auf die Mitte des Pfeifenstiels, so wird man ein Stück herausschlagen, die beiden langen Enden zu beiden Seiten werden unverletzt herunterfallen und erst auf dem Boden zerbrechen, die Haarschleifen aber werden ganz bleiben. Stellt man zwei Champagnerkelche auf zwei Stühle und legt man oben über dieselben einen Stock von Linden- oder Pappelholz, was etwas spröde ist, und führt man auf die Mitte desselben mit einem schweren Stock einen tüchtigen und raschen Schlag, so zerbricht der getroffene Stab, die Gläser bleiben völlig unverletzt, es sei denn, daß sie durch Mangel an Geschicklichkeit des Experimentirenden umgestoßen wurden.

Stoß elastischer Körper.

Ganz anders verhalten sich die Körper beim Zusammenstoße, wenn sie nicht hart, sondern elastisch sind. Zwei so sich berührende Körper werden mit einer Gewalt zusammengedrückt, welche der Summe des Druckes beider Körper gleich ist (was natürlich von ihrer Masse und ihrer Geschwindigkeit abhängt). Sie verändern dadurch ihre Gestalt in der Art, wie eine im Kreise zusammengebogene Stahlfeder sie erleidet, wenn man dieselbe zwischen zwei Widerstand leistenden Körpern zusammendrückt (es ist hier wie vorher nur von Kugeln die Rede und für diese giebt eine solche Feder das deut-

Digitized by Google

liche Bild eines Durchschnittes, der im gewöhnlichen Zustande ein Kreis ist, zusammengedrückt aber ein Oval wird).

Sobald aber die ganze beiderseitige Elasticität zur Geltung und Erschöpfung gekommen, streben die zusammengedrückten Körper wieder ihre frühere Form zu gewinnen und sie thun dies mit solcher Gewalt, daß daraus eine neue Bewegung hervorgeht. Die Zurückwirkung beider Körper ist dabei so groß, als die Kraft war, mit welcher die Körper zusammengedrückt wurden, in diese Kraft theilen sich die beiden Körper und zwar im umgekehrten Verhältniß der eingebrachten Kraft, so daß der schnellere von beiden mit der Bewegung des langsameren, der langsamere nach dem Stoße mit der Bewegung des schnelleren der beiden Körper fortgeht.

Dies findet in allen Fällen bei elastischen Körpern statt. Kommen zwei Körper *A* und *B* einander entgegen, *A* mit 10 Fuß, *B* mit 20 Fuß Geschwindigkeit in der Secunde, so geht nach dem Stoße jeder der beiden Körper zurück, *A* mit 20 Fuß und *B* mit 10 Fuß (mit gegenseitig vertauschter Geschwindigkeit) per Secunde.

Laufen zwei Kugeln hinter einander her, *A* voran mit 10 Fuß, *B* hinterher mit 20 Fuß, so vertauschen sie wieder nach der Berührung ihre Geschwindigkeiten. Sobald *B* die langsamere *A* eingeholt und derselben einen Stoß gegeben hat, geht *A* mit der Geschwindigkeit von *B* (mit 20 Fuß) voran und *B* läuft mit der von *A* (mit 10 Fuß) langsam hinten nach.

Was in der Zeit von da, wo die Körper sich treffen, bis dahin, wo sie wieder aus einander gegangen sind, vorgeht, welcher Streit zwischen dem Stoße, der bewegenden Kraft und der Widerstand leistenden Elasticität vorgeht und wie er ausgefochten wird, ist unbekannt, ein Vermindern der Bewegung, ein Aufhören derselben, ein Anfangen im entgegengesetzten Sinne einerseits, ein Steigern der Elasticität, ein Erhöhen derselben andererseits, ein immer stärkerer Widerstand gegen die vermehrte Veränderung der Form, ein Gipfelpunkt dieses Widerstandes, von welchem ein Sieg der Elasticität über die zusammendrückende Kraft ausgeht, in Folge dessen die rückstoßende Bewegung der beiden Körper, muß stattfinden, allein er findet in einer so schnellen Weise statt, daß man nicht das Werden, sondern nur das Fertigsein sieht; deshalb bleibt hier wie überall, wo man nicht Thatsachen angeben kann, das beste, daß man eingesteht, man kenne den Vorgang nicht. Und so geschieht es auch, man läßt unberücksichtigt, was zwischen der Berührung und der Trennung der Körper vorgeht, und betrachtet nur das Vorher und das Nachher.

So haben wir es bisher gemacht mit dem Stoße harter wie elastischer

Digitized by Google

Körper, wenn die Massen gleich waren, so wollen wir auch die Fälle betrachten, wo die Massen ungleich sind.

Es kann der Fälle nur zwei geben, entweder der vorangehende Körper ist kleiner oder er ist größer als der nachfolgende (den dritten Fall der Gleichheit haben wir bereits betrachtet). Ist der vorangehende kleiner, der nachfolgende größere aber schneller, so giebt er dem voraneilenden von seiner Geschwindigkeit im Verhältniß seiner Masse und seiner Geschwindigkeit ab und geht langsam nach. Ist der vorangehende Körper der größere, so kann je nach dem Verhältniß der Massen und Geschwindigkeiten der kleinere Körper langsam hinter dem größeren hergehen, oder dem größeren alle seine Geschwindigkeit abgeben und stehen bleiben, oder von dem größeren etwas von der abgegebenen Geschwindigkeit wieder erhalten und rückwärts gehen, immer aber langsamer als er angekommen ist.

Stoßen zwei bewegte elastische Körper mit entgegengesetzten Bewegungen zusammen, so setzt der große seinen Weg fort, aber langsamer als früher, der kleinere springt zurück und zwar schneller als er anstieß, indem er von dem großen einen Theil seiner Kraft erhalten hat (deshalb dieser eben langsamer geht); viele Modificationen sind auch hier unausbleiblich und müssen also, weil ihrer viele sind, unberücksichtigt bleiben, nur der eine möge noch besprochen werden, weil er ein höchst interessantes Resultat liefert.

Wenn eine Kugel von 2 Pfund mit einer gewissen Geschwindigkeit auf eine andere halb so schwere stößt, so geht sie schneller fort als die stoßende ankommt, und zwar mit $\frac{4}{3}$ der Geschwindigkeit, also wenn jene mit 3 Fuß ankommt, so geht die kleinere mit 4 Fuß in derselben Zeit fort. Dies findet mit jeder Verdoppelung immer wieder statt, also bei drei Kugeln von 4 Pfund, 2 Pfund und 1 Pfund geht der Stoß von der ersten durch die zweite auf die letzte über mit $\frac{4}{3}$ mal $\frac{4}{3}$, d. h. mit $\frac{16}{9}$, welches abermals schneller ist, stoßen vier Kugeln im Gewichte von 8, 4, 2 und 1 Pfund zusammen, so findet der Fortgang der kleinsten mit $\frac{4}{3}$ mal $\frac{4}{3}$ mal $\frac{4}{3}$ oder mit $\frac{4}{3}$ zur dritten Potenz statt, d. h. mit $\frac{64}{27}$ der ursprünglichen Bewegung. Man sieht, daß hier aus der Bewegung 1 bereits mehr als 2 geworden, daß sie mehr als verdoppelt ist. Man wird dies fortsetzen können und dann ergiebt sich, daß bei 100 Kugeln, welche in solcher Art aufgehängt sind, daß immer jede folgende doppelt so viel Masse hat als die vorhergehende, die letzte, kleinste mit einer Geschwindigkeit davonfliegen würde gleich $(\frac{4}{3})^{99}$, d. h. 233,850 Millionen mal schneller als die erste. Wenn diese erste nun auch nur 1 Fuß in der Secunde gegangen wäre, die zweite also $\frac{4}{3}$ Fuß, d. h. 16 Zoll, die dritte $\frac{4}{3}$ mal 16 Zoll oder 21 Zoll, die vierte $\frac{4}{3}$ mal 21 Zoll

Digitized by Google

oder 28 Zoll, so würde doch die hundertste mit einer Geschwindigkeit von 97 Millionen Meilen in der Secunde davonfliegen.

Dies gäbe ein herrliches Geschoß, eine Kanone von unvergleichlicher Wirkung; brauchte auch die Kugel nicht gerade in einer Secunde fünfmal von der Erde zur Sonne und zurückzufliegen, man könnte sich mit einigen Kugeln weniger als 100 begnügen; allein wie die Praxis immer der Theorie nachhinkt, wie sie mit ihrem breiten Schneckenfuß die Adlerflügel jener nie einholen kann, so auch hier. Wollen wir eine 25pfündige Kugel nur durch 16 andere in Bewegung setzen, so bedürfen wir schon zum Geschütz (das Geschoß wiegt ¼ Centner) ½, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192 und schließlich als letzte und größte Kugel 16,384 Centner, und dabei wäre die Geschwindigkeit in der siebzehnten Kugel, dem Geschoß, nur erst $(\frac{1}{2})^{16}$, nicht zur 99sten Potenz. Wer kann aber eine Kugel von 16,000 Centnern bewegen, um sie zur Wirkung zu bringen?

Sollte man 100 solcher Kugeln in dem angegebenen Verhältniß zusammenbringen, so würde, falls die erste nur einen Durchmesser von 1 Zoll hätte, die hundertste doch einen Durchmesser haben, der 20mal größer als der der Erde wäre und der Kubikinhalt dieser Kugel würde den der Erde 8000mal übertreffen.

Wo die Masse dazu hernehmen? Man müßte die Erde gerade in dem Sternschnuppenfall still halten, bis die nöthige Vergrößerung durch den Zuwachs entstanden wäre.

Von den flüssigen Körpern.

Bei Betrachtung des Aggregatzustandes der Körper haben wir bereits der Haupteigenschaften der verschiedenen Aggregatformen erwähnt, wir können darauf verweisen und unsere Leser bitten, jene paar Seiten noch einmal durchzusehen, dann aber an das dort Gesagte anknüpfen, nämlich daran, daß im Kleinen die flüssigen Körper eine Form haben, aber alle dieselbe, nämlich die Tropfgestalt — in der allergrößten Ausdehnung gleichfalls, wie uns die Form der Weltkörper zeigt — in den Mittelzuständen von Größe, welche uns auf der Erde täglich vorkommen, aber die Form der Gefäße annehmen, bis auf die Oberfläche, welche Theil hat an der Gestalt des Weltkörpers, nämlich eine ebene zu sein *scheint*, in der That aber ein Abschnitt einer Kugeloberfläche von 1650 Meilen Durchmesser ist.

Die Kugelform des Flüssigen sehen wir im Regen, im Tropfen, der auf einer staubigen Fläche rollt, im Quecksilber, welches vergossen wird, in dem Schrotkorn, das nur dadurch so schön rund gebildet wird, daß man

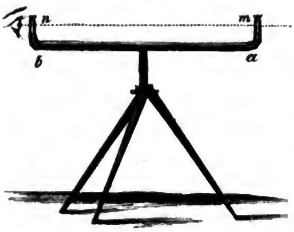
Digitized by Google

geschmolzenes Blei durch ein Sieb aus großer Höhe durch die Luft fallen läßt, da dann jedes Partikelchen Blei, so weit sein Zusammenhang reicht, sich in eine um so schönere und regelmäßigere Kugel rundet, je höher es fällt.*)

Schwerer als von der Kugelform der Flüssigkeiten im Kleinen ist es, eine Ueberzeugung von derselben Form in Größen zu gewinnen, es bleibt nichts als die Zurückweisung auf das Meer, welches denn doch schließlich eine Kugel bildet. In Abtheilungen von Meilenlänge, Klafterlänge nennt man allerdings solche Kugelgestalt eben, allein so wenig die ganze Erde überhaupt eine ebene Fläche ist, so wenig ist ein Stück des Weltmeeres eine Ebene, wenn wir schon kein Mittel haben, die Krümmung nachzuweisen, falls das Stück nicht wenigstens einige Meilen lang ist; man nennt für kleinere Strecken den Stand einer Flüssigkeit horizontal und horizontal ist sie für unsere mikroskopischen Verhältnisse auch wirklich und zwar in solchem Grade, daß man diesen Stand der Flüssigkeiten als Prüfstein für die Ebenheit irgend eines Dinges und als Mittel, es vollkommen wagerecht zu stellen, benutzt.

Man sieht nämlich über zwei Wasserflächen, welche mit einander in Verbindung stehen und welche also wirken, als ob es *eine wäre*, hinweg (s. Fig. 476). *ab* ist eine Metallröhre mit aufrecht gebogenen Enden, in denen Glasröhren stecken. Man füllt Wasser hinein, bis dasselbe in jedem Glasrohr einige Zoll hoch steht. Ueber die Wasserhöhen *n* und *m* hinwegsehend, bis man irgend einen Gegenstand erblickt, der genau in dieser Linie liegt, hat man eine vollkommen horizontale Linie, die zwischen *mn* beginnt und sich bis dort fortsetzt, wo das Auge in dieser Linie sehend, verweilt. Wahrscheinlich eine sehr alte Erfindung, aus Indien oder Egypten stammend, wo man zur Zeit der fabelhaften Herrscher schon Canäle und Deiche anlegte, welches ohne Kenntniß der Wasserwage nicht möglich ist. Die Fig. 477

Fig. 476.

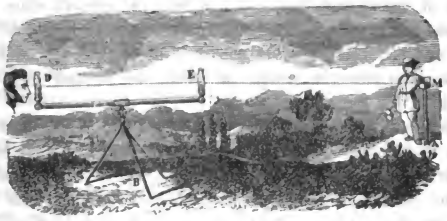


*) In den Schrotfabriken wird das Blei durch Siebe gegossen, welche 150 bis 200 Fuß über dem Boden stehen. Man baut dazu besondere Thürme: im untersten Theile befindet sich ein großer Wasserbehälter, in welchen die während des Fallens erstarrten Bleitropfen fallen und sich abkühlen.

Digitized by Google

giebt eine Anſicht von der Aufſtellung und dem Gebrauch des Inſtruments. Der Geometer ſtellt das Inſtrument *B* ſo auf, daß es die Richtung an-

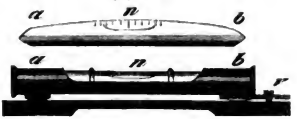
Fig. 477.



nimmt, in welcher er viſiren will. Dorthin ſendet er ſeinen Gehülfen mit einer in das Landesmaß getheilten Stange und einer daran beweglichen Tafel *M*, welche derſelbe ſo lange auf und ab zu ſchieben hat, bis der Feldmeſſer, über den Waſſerſtand *D* und *E* ſehend, genau die Mitte der Tafel erblickt. Die Linie *DEM* iſt eine horizontale und die ſenkrechte Linie von *B* nach dem Waſſerſtande und von *M* nach dem Erdboden geben den Niveauunterſchied. Iſt *MA* länger als die ſenkrechte über *B*, ſo neigt ſich das Terrain nach *A* hin, im entgegengeſetzten Falle ſteigt es.

Ein ſchönes Inſtrument zur Beſtimmung der Horizontalität eines feſten Gegenſtandes, z. B. eines Tiſches für den aſtronomiſchen Gebrauch oder einer Marmortafel zur Belegung von Spiegelgläſern, zeigt Fig. 478 in der bekannten Einrichtung, welche man eine Libelle nennt. *ab* iſt ein Glas-

Fig. 478.



rohr, welches nach *n* hin eine leichte, für das unterſuchende Auge kaum bemerkbare Krümmung hat, in der Figur abſichtlich ſehr viel ſtärker gezeichnet, als ſie in der Wirklichkeit vorkommen darf, um mit Sicherheit anzugeben, worauf es eigentlich ankommt. Die Röhre wird mit Waſſer gefüllt und nur eine kleine Luftblaſe darin gelaſſen, hierauf aber in eine Faſſung gebracht, wie die darunter befindliche Figur ſie zeigt, in welcher *v* eine Schraube bedeutet, beſtimmt, die Röhre gegen den Fuß ſo lange zu

Digitized by Google

verändern, bis auf einem wirklich horizontalen Tisch das Luftbläschen immer die Stellung annimmt, die bei *n* angedeutet ist. Nunmehr wird umgekehrt die Libelle wieder gebraucht, um zu bestimmen, ob irgend ein Gegenstand horizontal ist, indem man dieselbe darauf setzt, und alsdann unter die Füße des Tisches, des Pianos, des Consols, auf welchem eine Pendeluhr steht ꝛc., so lange bald hier bald da etwas unterlegt, bis die Luftblase in der Mitte der Libelle stehen bleibt, in welcher Richtung man sie auch auf den Tisch setzen möge.

Man sieht leicht ein, daß die vorher Figur 477 beschriebene Wasserwage nur in bestimmten Grenzen, d. h. so weit ein gutes Auge trägt, benutzt werden kann, es giebt aber Fälle, in denen es wünschenswerth ist, viel größere Zwischenräume zu überschauen, dann verbindet man eine Libelle, wie die Figur 478 gezeichnete, mit einem Fernrohr, auf die hier bei

Fig. 479.

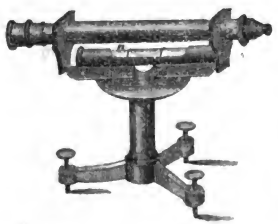


Fig. 479 angegebene Weise, so daß, wenn die Luftblase *n* genau in der Mitte des Instrumentes steht, die Axe des Fernrohres genau horizontal steht. Ein solches Instrument ist schwer zu machen und schwer aufzustellen. Es hat hierzu zwar drei Schrauben, allein man muß ziemlich lange probiren, bevor alles in Ordnung ist.

Auf dem runden Metallblatte, welches unter der Libelle liegt, ist diese, in Verbindung mit dem Fernrohr, auf einer Axe drehbar, soll die Stellung des Fernrohres für richtig gehalten werden, so muß man dasselbe im Kreise vollständig umdrehen können, ohne daß die Luftblase ihren Platz verläßt. Erst wenn man es durch Stellung der Schrauben so weit gebracht, daß sie, die Luftblase, in der Mitte der Libelle bleibt, welche Stellung das Fernrohr auch annehme, erst dann zeigt das Instrument, daß es gut ist, erst dann aber ist es auch wohl gerichtet. Wenn man sich nun die Punkte merkt, welche das Fadenkreuz (das in diesem Fernrohr allezeit angebracht ist) bedeckt, so hat man lauter genau in derselben Ebene liegende Punkte.

Für das Nivellement großer Strecken an Flüssen mit wenig Fall, also am unteren Laufe des Nils, der Donau, des Rheins, der Weichsel, sind solche Instrumente mit Fernröhren nothwendig, denn der Fall beträgt auf meilenweite Entfernungen nur einige Zoll, derselbe würde also durch Instrumente, wie das Seite 171 beschriebene, gar nicht zu ermitteln sein.

Digitized by Google

So wie es verschiedene Grade von Festigkeit giebt, Stahl, Silber, Zinn, Blei; Grenadillholz, Buchsbaum, Eichen, Buchen, Pappelholz; Diamant, Granit, Marmor, Schiefer, so giebt es auch verschiedene Grade der Flüssigkeit, und Wasser, obschon der am allgemeinsten verbreitete flüssige Körper, ist doch bei Weitem nicht der Flüssigste, da giebt es noch Weingeist, Aether, Schwefelkohlenstoff und andere; dagegen giebt es wieder viele, die weniger leichtflüssig sind, Chocolade, Milch, dann viele Oele, von denen jedes einen gewissen Flüssigkeitsgrad hat, Olivenöl, viel leichter flüssig als Leinöl, nun aber sind noch andere dickflüssig, wie Syrup, Honig, Theer; endlich aber giebt es einen Zustand der Verschiebbarkeit der Theile, bei welchem von Flüssigkeit nicht mehr die Rede ist, und der Körper doch eben so wenig fest genannt werden kann, diesen Zustand kann man am besten bei Butter und Wachs verfolgen, obwohl er auch bei manchem Metalle, Eisen, Kupfer, Platina, eintritt, die nicht wie Blei oder Eis plötzlich aus dem starren Zustande in den flüssigen übergehen.

Diese Dickflüssigkeit setzt den Ausdrücken für die Gesetze, nach denen die Flüssigkeiten sich bewegen, sehr unbequeme Grenzen, und verhindert sie allgemein zu machen; geschmolzenes Wachs, besonders wenn es einen hohen Grad von Hitze erhalten, ist beinahe so dünnflüssig wie Wasser, mit der Abnahme der Temperatur wird es wie Oel, wie Syrup, wie Honig, wie Butter, welche an der Sonne gestanden, dann wird es plastisch, läßt sich kneten, biegen, behält die Form, die man ihm giebt, obschon noch weich und bildsam — bei noch geringerer Temperatur wird es hart, und endlich in einem solchen Grade, daß es spröde wird und wie Glas bricht.

Wenn wir nun von dem Verhalten der Flüssigkeit sprechen, so können wir natürlich nur solche meinen, die wir als vollkommen flüssig zu betrachten haben, dürfen also nicht einmal bis zu den Oelen gehen, diese haben schon eine solche Adhäsionskraft, daß sie an den Gefäßen, an den senkrechten Wandungen derselben hängen bleiben und auf solche Weise alle Schlüsse unsicher machen. Wasser also wird es vorzüglich sein, was in dem Nachfolgenden betrachtet wird, es muß aber hinzu gesetzt werden, daß die sämmtlichen Gesetze für alle, eben so und noch leichter, flüssigen Körper, in all ihrer Strenge gelten, also für Wein und Bier, so gut wie für Weingeist und Aether.

Druck der Flüssigkeit.

Alle Körper drücken auf ihre Unterlage, also auch die flüssigen, und hier auch die schwerer flüssigen, weil ihnen Zeit gegeben ist, ihre Wirkung

Digitized by Google

zu üben, indeß sie bei der Bewegung nicht die für ihre träge Masse zur schnellen Folge nöthige Zeit haben.

Feste Körper widerstehen der Bewegung nach dem Mittelpunkte der Erde, sobald sie in ihrem Schwerpunkte unterstützt sind, flüssige nicht, man kann keinen flüssigen Körper unterstützen, es sei denn, daß er in einem Gefäß eingeschlossen wäre, dann hätte man wieder mit einem festen Körper zu thun. Stelle man ein Stück Eis auf einen Tisch und befreie man es von den Banden der Krystallisation, so wird es herabfließen, obwohl nicht bloß sein Schwerpunkt, sondern seine ganze Masse unterstützt war.

Man fülle in einen an beiden Enden offenen, aber wasserdicht auf einer Glastafel stehenden Cylinder Wasser — es ist unterstützt und gehalten, es wird ruhig stehen bleiben. Nun hebe man den Cylinder empor, so daß der Wassercylinder ohne Seitenwände stehen bleibt; der Versuch möchte wohl Niemanden gelingen, das Wasser fließt bis auf den letzten Tropfen ab — eine zähe Flüssigkeit, dicker Honig, und ähnliche, nicht so vollständig, und trockener Sand bildet einen Kegel, in welcher Form er dann ruhig liegen bleibt. Allerdings ist das keine Flüssigkeit, doch auch in manchen Einzelnheiten den Gesetzen derselben folgend.

Vermöge der leichten Verschiebbarkeit der einzelnen Theilchen, (welche die Flüssigkeit charakterisirt), verlassen diese also die ihnen angewiesene Stelle und nehmen jederzeit den niedrigsten Standpunkt ein, den zu erreichen ihnen möglich ist, auf einer vollkommen horizontalen Fläche sollen sie sich in einer unendlich dünnen Schicht ganz gleichmäßig ausbreiten, alles aber, was zuviel ist zu dieser dünnen Schicht, sollte von den Rändern abfließen, da aber die Flüssigkeiten, wie zart sie auch sein mögen, doch Cohäsion haben, so werden sie eine ganz bemerkbare und meßbare Dicke einnehmen, auf einer horizontalen Tafel, nur eine recht dünnflüssige (Aether) eine geringere als Wasser, und dieses eine geringere als Oel ꝛc.

Diese Neigung, den tiefsten Standpunkt einzunehmen, erklärt den Lauf der Flüsse und den Stand der Seen und Meere, aber auch sie sind schließlich nichts weiter als Gefäße, in denen das Wasser sich ansammelt, und deren Form es annimmt, so wie es die Gestalt des Glases, der Flasche annimmt, in die man es gießt; auf dieser Neigung den tiefsten Stand einzunehmen, den die Flüssigkeit erlangen kann, und dabei die Form des Gefäßes anzunehmen, beruht eine große Menge der technischen Arbeiten, die man mit flüssigen Körpern vornimmt, welche später erstarren. Alles, was mit dem Worte „Gießen" verbunden ist, gehört hieher; Lichte gießen, Kanonen gießen, Gyps gießen, Kugeln gießen, beruht allein darauf, aber auch der Druck der einzelnen Theile auf einander ist dabei von Wichtigkeit, und

Digitized by Google

je höher die Flüssigkeiten stehen, desto stärker ist der Druck auf die unterste Schicht von allen darüber stehenden Theilen, und weil man diese Dichtheit liebt und befördert wissen will, setzt man an die besonders dicht werden sollenden Gegenstände noch Röhren an, welche gleichfalls gefüllt werden mit der geschmolzenen Substanz, und dies giebt nach dem Erkalten den sogenannten verlorenen Kopf, welcher weggeschnitten wird, nachdem er seinen Zweck erfüllt hat, den nämlich, die Höhe der Flüssigkeitssäule zu vermehren, damit ihr Druck unten desto stärker, die Substanz desto dichter werde.

Da die Theile der Flüssigkeit in einem beständigen Gleiten sind, eins von dem anderen fort nach allen Richtungen, so findet auch ein Druck derselben gegen einander nach allen Richtungen statt, und wenn Wasser in einer Flasche mit engem Halse steht, so drückt es nicht allein auf den Boden, auf die Seitenwände, sondern auch von unten nach oben auf diejenige Fläche, welche den Hals der Flasche trägt.

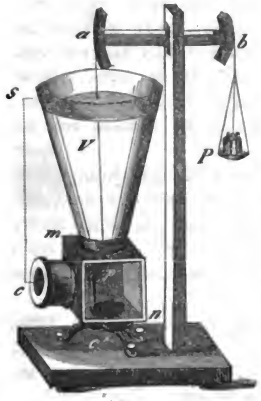
In einem überall gleich weiten Gefäß ist der Druck der Flüssigkeit gegen den Boden genau so groß als das Gewicht der Flüssigkeitssäule, welche in diesem Gefäße steht. Da aber die Gefäße nur selten überall gleich weit sind, so drückt man den Satz so aus: „Der Druck einer Flüssigkeit auf den Boden des Gefäßes ist gleich dem Gewichte einer Säule derselben Flüssigkeit, von gleicher Grundfläche mit dem Gefäß und von der Höhe, welche die Flüssigkeit in demselben hat.“

Wie kommt es nun, daß wenn das Gefäß nach oben hin sich verengert, der Druck auf den Boden größer ist, und wenn das Gefäß nach oben hin sich erweitert, der Druck kleiner ist als das Gewicht der in dem Gefäße enthaltenen Flüssigkeit? man nennt diese Frage „das hydrostatische Paradoxon.“

Die Erklärung liegt in dem vorhin ausgesprochenen Gesetz; der Druck richtet sich gar nicht nach der Menge der Flüssigkeit, sondern nach Höhe und Grundfläche. Ist S. 176 Fig. 480 das Gefäß *V* oben weiter als unten, so drückt ja nicht die ganze darin enthaltene Wassermasse bei *m* auf den Boden, sondern nur so viel, als einer Säule von der Grundfläche *m* und der Höhe des Wasserstandes entspricht, alles übrige in dem Gefäß enthaltene Wasser wird von den Wänden unterstützt und getragen, und wäre die Stellung des Gefäßes umgekehrt, so würden wieder die Grundfläche und die Höhe das Bestimmende sein, denn alsdann stützte sich die Wassersäule von unten nach oben gegen die schräg zu laufenden Wände, und der Druck wäre, wie vorher, gleich dem Gewichte einer Säule von der vorhan-

Digitized by Google

Fig. 480.



denen Grundfläche und der Höhe des Wasserstandes. Paradox klingt also nur im ersten Augenblick die Frage, bei näherer Betrachtung verliert sich das Paradoxe.

Der Druck auf die Seitenwände nimmt zu mit der Tiefe, ganz oben ist derselbe auf einen Quadratzoll sehr gering, bei jedem Zoll tiefer wird er stärker, und ganz unten ist er eben so stark als ob die Seitenwand horizontal läge. Der Gesammtdruck also, da er von nichts anfängt und bis zum höchsten, d. h. bis zum vollen Druck der ganzen Säule steigt, ist halb so groß als er auf einer horizontalen Fläche, bei gleicher Höhe sein würde. Man sagt also:

Der Druck auf die ganze Seitenwand des Gefäßes ist gleich dem Druck einer Säule von der Grundfläche der ganzen Seite, und von der Hälfte der ganzen Höhe.

Hat man nun irgend einen Theil der Seitenwand vor sich, und will man wissen, wie stark die in dem Gefäße enthaltene Flüssigkeit darauf drückt, so nimmt man diesen Theil zur Grundlage der Flüssigkeitssäule und zur Höhe die Länge derselben, von der Mitte des Theiles, den man betrachtet, an gerechnet. Die Seitenfläche sei einen Quadratzoll groß, so wird dieser Quadratzoll die Grundfläche, nach welcher der Druck der Flüssigkeitssäule berechnet wird, um die Höhe der Säule zu finden, nimmt man von dem Ort in der Seitenwand, wo dieser Theil, dieser Quadratzoll (oder Fuß, oder was für eine Größe es sein möge) liegt, die Mitte, (der Höhe nach), und von dieser Mitte zählt man aufwärts, bis zur Grenze der Flüssigkeit, dann hat man das Maaß des Drucks auf den Theil der Seitenwand.

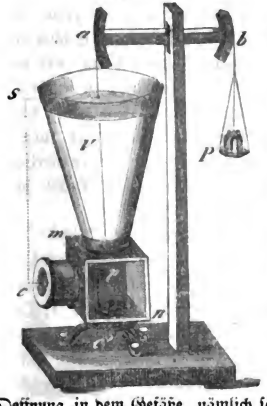
Berechnet man auf diese Weise jeden Quadratzoll eines gewissen Gefäßes, und nimmt man nachher die ganze Seitenwand und berechnet sie wieder, so wie am Anfange angegeben, so müssen beide Summen vollkommen übereinstimmen.

Da der Gegenstand von der größten Wichtigkeit ist, indem von der richtigen Schätzung dieses Druckes die Sicherheit und das Leben vieler tausend Leute abhängt, die sich mit Vertrauen dem Baumeister überlassen, wel-

Digitized by Google

cher den Damm aufſchütten läßt, hinter dem ihre Hütte ſicher ſein ſoll gegen die Gewalt eines mächtigen Stromes — ſo wollen wir denſelben durch einige Beiſpiele zu erläutern ſuchen.

Fig. 481.



Betrachten wir nun die Figur der vorigen Seite hier nochmals, und genauer, ſo werden wir an derſelben eine Einrichtung finden, vermöge deren der Druck nach verſchiedenen Richtungen gemeſſen werden kann.

Das Gefäß $n\,c\,m\,V$ ſteht auf dreien Schrauben, auf einem Fußgeſtelle, das eine Säule mit einem Wagebalken trägt. Dieſer iſt beſtimmt den vorhandenen Druck zu meſſen; um aber die Gewichte in einer ſtets gleichen Entfernung vom Unterſtützungspunkte zu halten, ſind an beiden Armen des beweglichen Querbalkens Kreisbogen a und b angebracht, an deren einem das Gewicht p, an deren anderem aber der Verſchluß einer Oeffnung in dem Gefäße, nämlich ſeitlich c oder unten in der Grundfläche c' hängt. Der Faden, welcher dies vermittelt, geht von a nach p und hält eine der beiden Klappen von Außen nach Innen zu, mit einer Gewalt, welche dem Drucke des Gewichtes V' entſpricht.

Betrachten wir den Druck auf den Boden dieſes Gefäßes. Der Faden $a\,p$ ſchließt das Gefäß unten bei c', indem er vermöge des Gewichts p die ſich nach außen öffnende Klappe an das Gefäß andrückt, iſt dieſe Klappe einen Quadratzoll groß, und hat man in die Waageſchale 1 Pfund hinein gelegt, ſo wird man, um dieſe zu öffnen, einen Gegendruck an Waſſer von 1 Pfund haben müſſen, allein man füllt 4 Pfund, 6 Pfund, 10 Pfund hinein, und nun öffnet ſich das Ventil c' noch nicht — endlich ſteht das Waſſer von n bis über V, wo man das Niveau der Flüſſigkeit ſieht, hoch genug, und da plötzlich läßt das Ventil nach, das Waſſer fließt aus, natürlich nur wenig, denn ſobald die Druckhöhe weniger als das verlangte Gewicht beträgt, kann die Klappe nicht mehr geöffnet werden.

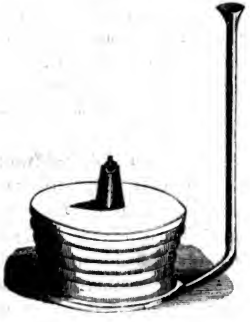
Nicht von der Menge des Waſſers hing es ab, ſondern von der Höhe der Waſſerſäule, welche über c' ſtand.

Man macht denſelben Verſuch mit der Seitenöffnung c. Das Waſſer wird die Klappe erſt öffnen, wenn es in dem Gefäße V die volle Höhe $c\,s$

Digitized by Google

erreicht hat (von der Mitte des Ventils an, senkrecht aufwärts gemessen, um so viel höher als die Mitte der Klappe c über der Fläche der Klappe c' liegt).

Fig. 482.



Der Druck der Flüssigkeit pflanzt sich aber nicht bloß nach unten und nach den Seiten fort, sondern auch nach oben. Die Fig. 482 giebt ein Instrument, welches man den anatomischen Heber nennt (wir werden später sagen weshalb), es besteht aus einem langen Blechrohr und einem damit in Verbindung stehenden, viel kürzeren Blechgefäß, an welchem ein cylindrischer Schlauch mit einem festen Deckel befestigt ist.

Füllt man durch den Trichter des Rohres Wasser in das große Gefäß, so hebt sich der Deckel desselben, auch wenn schwere Gewichte darauf stehen. Ist der Durchschnitt desselben 1 Quadratfuß groß, und stellt man 1 Centner darauf, so hebt sich derselbe empor, bevor das Wasser in dem Rohre 2 Fuß höher steht als in dem großen Gefäß.

Der Name: „anatomischer Heber", rührt daher, daß, wenn statt eines Brettes oben, eine Thierblase aufgebunden ist, diese sehr gespannt, gewölbt, halbkugelförmig ausgedehnt wird. Wenn nun die innere Seite der Blase nach innen gekehrt ist, so läßt die Blase kein Wasser durch, bis sie dergestalt gespannt ist, daß sie zerreißt; war jedoch die ursprünglich äußere Seite der Blase nach innen gekehrt, so trennen sich durch den Druck des Wassers die Membranen, welche die Blase bilden, und es dringt die Flüssigkeit in derselben Art durch, wie sie aus den Nierengängen in die Blase einfiltrirt wird, auf welchem Wege die Flüssigkeit allein in dieselbe kommt, da keine Oeffnung sonst vorhanden, als die Ausgußöffnung.

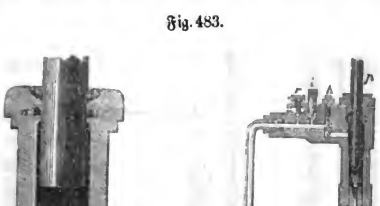
Zu einer sehr bedeutenden Erfindung hat jedoch dieser anatomische Heber geführt, zu der nämlich, welche durch Bramah gemacht, die hydraulische, oder nach ihm, die Bramah'sche Presse genannt wird.

Es ist gleichgültig, wodurch der Druck des Wassers auf die große Fläche ausgeübt wird, dadurch, daß man in das lange Rohr mit dem Trichter Wasser füllt, oder dadurch, daß man es mit einer Pumpe hinein zwängt. Das erstere ist viel wohlfeiler, kostet nur eine lange Röhre, das andere kostbarer, fordert einen sehr complicirten Apparat, allein man zieht doch das Letztere vor, weil die Röhre sehr unbequem lang werden würde. Wollte man dadurch einen Druck von 30,000 Pfund ausüben, so würde

Digitized by Google

man bei einer Fläche von 1 Quadratfuß (um das Exempel leicht und übersichtlich zu machen, wollen wir jeden Fuß Druckhöhe $\frac{1}{2}$ Centner rechnen), eine Röhre von 600 Fuß Länge haben müssen. Dies käme am Ende viel theurer als die Pumpe, denn man braucht nicht bloß die Röhre, sondern auch den Thurm, an dem sie befestigt ist, mit der Treppe, um hinauf zu kommen und Wasser oben in den Trichter zu gießen. So wählt man das Bequemere, die hydraulische Presse, deren Princip in Folgendem liegt.

Fig. 483.



In Fig. 483 sieht man bei B einen hohlen Cylinder, bestimmt, um Wasser aufzunehmen, und durch den Druck, den man demselben durch gewaltsames Zufüllen giebt, einen Stempel von massivem Metall aufwärts zu treiben, welcher Stempel sauber gedreht und geschliffen, bei n durch einen Kranz von Leder gedichtet ist, der — da Wasser dahinter treten kann, um so besser dicht hält, je stärker der Druck des Wassers ist, welcher nicht nur den Stempel aufwärts treibt, sondern auch den dichtenden Lederkranz andrückt.

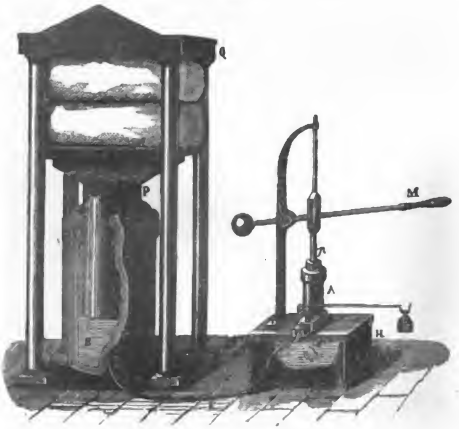
Durch das Rohr K soll nun Wasser in den Raum B gebracht werden. Dies geschieht durch die Pumpe auf der rechten Seite der Figur, wo man in p den auf und absteigenden metallenen Stempel, in c unter demselben das Ventil sieht, welches beim Erheben desselben Wasser zutreten läßt, beim Niedergehen sich aber schließt, und hierbei, da ihm durch den eindringenden Stempel der Raum zu eng wird, aus dem Ventil $h\,o$ entweicht, und durch den Canal k nach B gelangt. Zurück kann das dorthin geschaffte Wasser nicht mehr, dies verhindert das eben bezeichnete Ventil, da das Wasser jedoch Platz haben muß, weil es sich nicht zusammendrücken läßt, wie die Luft, sondern für die Praxis als nicht zusammendrückbar betrachtet werden kann, so treibt es den Stempel aus seinem Platz.

Oben in der Nähe der Pumpe sind noch zwei Ventile, das eine, r, unter einer Schraube stehend, und nur zu öffnen, wenn der Maschinist es will, nämlich wenn er die vollgepumpte Presse von Wasser entleeren will, wodurch denn der Stempel wieder herabsinkt; das zweite, i, ein Sicherheitsventil, welches mit einem Gewichte beschwert ist, und dazu dient, daß man der Presse nicht mehr zumuthet, als sie ertragen kann, ohne dieses

Digitized by Google

Ventil könnte ein unvorsichtiger Arbeiter den Cylinder zersprengen, was zwar keine Gefahr, wohl aber große Geldkosten verursachen würde.

Fig. 484.



Betrachten wir nun die Presse im Ganzen und in ihrer Thätigkeit, so sehen wir erstens den großen Wassercylinder B mit seinem Stempel, in einem Gestelle von sehr starkem Schmiedeeisen stehen, in der Regel werden die Säulen und die Widerlagen stärker sein müssen als die Fig. 484 dieselben giebt, besonders ist die untere Widerlage zu schwach gezeichnet.

Auf dem Stempel ruht ein sehr massiver Abakus p,. bestimmt die zwischen ihm und der oberen Widerlage Q befindlichen Gegenstände zusammenzudrücken. Durch die Handhabe M wird die kleine Pumpe in Bewegung gesetzt, welche, auf einem Kasten H stehend, aus dem Wassergefäß a schöpft, und durch den Canal k das eingenommene Wasser nach B treibt, indem der steigende Stempel p gestattet, daß der Cylinder A sich mit Wasser fülle, was eben derselbe Stempel, wenn er nieder sinkt, durch k nach B treibt. Der kleine Hebel mit dem Gewicht ist derjenige, der das Sicherheitsventil schließt.

Die Erfolge, welche solch eine Wasserpresse liefert, sind ganz außerordentlich, man kann sich ungefähr einen Begriff von der Gewalt derselben machen, wenn man die Kraftverhältnisse untersucht. Durch den anatomischen Heber wird klar, daß sich die Druckkräfte verhalten wie die Durch-

Digitized by Google

schnittsfläche des Cylinders, auf dem das Gewicht steht, zu der Röhre, durch welche man Wasser einfüllt, denn wie weit oder wie eng dieselbe sei — hat die große Fläche 1 Quadratfuß Grundfläche und steht in der engen Röhre das Wasser 1 Fuß hoch, so übt das vorhandene Wasser einen Druck aus, wie 1 Kubikfuß. Ist der Durchschnitt des Rohres gleich dem 50sten Theile von dem Durchschnitt der großen Masse, so wird man mit einem 50stel Kubikfuß auskommen, hat er nur $\frac{1}{100}$ von dem Durchschnitte des großen Körpers, so genügt schon $\frac{1}{100}$ Kubikfuß (nämlich immer 1 Fuß hoch stehend in der Röhre) zu demselben Effect.

Nun ist es bei der hydraulischen Presse genau eben so, ist der Durchschnitt der Pumpe p 200mal in dem Durchschnitt des Stempels P enthalten, so wirkt $\frac{1}{2}$ Centner, an der Pumpe, mit einer Kraft von 100 Centnern an dem Stempel. Nun kann man aber durch den Hebel da noch viel gewinnen, ist der längere Arm, wie die Figur zeigt, 6mal so lang als der kürzere, so gewinnt man mittelst desselben wieder die 6fache Kraft, also bei M $\frac{1}{2}$ Centner, giebt bei p 3 Centner; diese 3 Centner bei p geben das 200fache, d. h. 600 Centner bei P. 60,000 Pfund ist denn schon ein enormes Gewicht, wiewohl noch bei Weitem nicht das Größte, was solche Presse leistet. Man wendet dieselbe an, um aus kaum erweichtem Thon Ziegel zu pressen, um den Saft aus Runkelrüben oder aus Zuckerrohr zu quetschen, woraus dann der Zucker durch Kochen gewonnen wird, man wendet sie an, um die Baumwolle, wie sie aus den Pflanzungen eingesammelt wird, in einen 4mal, 6mal kleineren Raum zu bringen, als es sonst möglich war, man wendet sie an, um Oel aus dem Samen zu pressen, oder Papier zu glätten, um Metallplatten durch Stanzen bestimmte Prägungen zu geben, oder um Flintenkugeln aus Platten zu drücken, kurz überall, wo sonst keine Kraft hinreicht, da wirkt man Enormes durch die Bramah'sche Presse. Es versteht sich nun von selbst, daß die Richtung der Kraft ganz gleich ist, man kann den Stempel eben so gut von unten nach oben wirken lassen, als von oben nach unten, oder nach irgend einer Seite, immer handelt sich's nur um die Stärke der Widerlagen.

Die Maschine ist natürlich, hinsichtlich ihrer Kraft, mit obigen 60,000 Pfund noch lange nicht erschöpft, man hat welche, wo die Verhältnisse der Hebel und der Durchmesser der Cylinder so sind, daß eine Menschenkraft einen Druck von einer Million Pfund ausüben kann, aber was bei allen Maschinen gilt, das fehlt auch hier nicht, was man an Kraft erspart, verliert man an Zeit; wirkt die Kraft das Tausendfache, so bedarf der große Cylinder das Tausendfache der Zeit, um den Weg zurückzulegen, den der kleine Cylinder in der einfachen Zeit macht.

Digitized by Google

Was hier durch den künſtlichen Druck geſchieht, was bei dem anatomiſchen Heber durch den zwar künſtlich hervorgebrachten, aber doch natürlichen Druck entſteht, das geſchieht auch durch den ganz natürlichen Druck, durch denjenigen, an welchem die Bemühung des Menſchen gar keinen Theil hat, durch den Druck in der Tiefe. Flaſchen, wohl verſchloſſen, welche man in das Meer ſenkt, werden zerdrückt, Holz, welches in große Tiefe gebracht wird, durchzieht dergeſtalt mit Waſſer, daß es nicht mehr ſchwimmt, ſondern wie Blei untergeht, worüber Skoresby einen ſehr intereſſanten Fall erzählt, der hier Platz finden möge, weil er Beweiskraft in ſeltenem Grade hat.

Ein harpuuirter Wallfiſch warf niederſchießend das Boot, auf welchem die Harpuniere waren, um. Die Mannſchaft rettete ſich, indeſſen das Boot von dem Wallfiſch mit in die Tiefe des Meeres herab geriſſen ward. Das Thier, welches nicht ohne Luft leben kann, kam wieder empor, ward nochmals harpunirt und endlich getödtet an das Schiff gebracht.

Als man im Begriff war daſſelbe abzuſpecken, begann es — etwas ganz Unerklärliches — zu ſinken, und man mußte es durch umgeſchlungene Ketten über Waſſer erhalten, was bei dem großen Gewicht des ſinkenden Körpers nicht leicht war.

Endlich wurde der Wallfiſch umgekehrt, und dabei fand man die Harpune, welche ihn zuerſt getroffen, zwiſchen die Rippen eingedrungen und mit dem Widerhaken feſt ſitzend, daran hing auch die Leine, und an dieſer das Boot, allein ſo ſchwer, daß es kaum herauf zu ziehen war. Endlich hatte man es gehoben, in den zugehörigen Seilen an das Schiff gebracht, und nun ſchwamm auch der Wallfiſch, wie immer, als leichte Speckmaſſe oben, und es war nicht weiter ſchwierig, die Arbeit daran zu vollenden. Das Boot aber aufgerichtet und vom Waſſer entleert, wieder in das Meer gelaſſen, ſank darin unter, als ob es von Eiſen wäre — doch iſt dies ein ſchlechter Vergleich, denn eiſerne Boote ſinken nicht unter. Hier war die Holzmaſſe von dem Seewaſſer, vielleicht bei einigen tauſend Fuß Tiefe, durchdrungen, ſo ſchwer geworden, daß es, trotz ſeiner Höhlung, vermöge deren auch Eiſen ſchwimmt, nicht zum Schwimmen gebracht werden konnte.

Man machte nun das Eiſen los und warf das unbrauchbare Gerüſt fort, nur einige Stücke deſſelben behielt Skoresby, der Merkwürdigkeit wegen, und noch nach Jahren hatte ſich das tief eingedrungene verdichtete Waſſer ſo wenig verloren, daß ſie immer noch im Waſſer unterſanken.

Nur der thieriſche Körper iſt im Stande dieſem Druck zu widerſtehen — der Wallfiſch, welcher das Boot in ſolche Tiefe gezogen, mußte jedenfalls noch tiefer geweſen ſein, denn er ging ja dem Boote voran, und doch war durch ſeine Haut und in ſein Fell kein Waſſer eingedrungen, und er ſchwamm,

Digitized by Google

von dem abwärts ziehenden Boote befreit, wie jeder andere, und das iſt nichts ausnahmsweiſe Wahrgenommenes, daß ein ſolcher Wallfiſch Tauſende von Fußen abwärts geht, nicht ſelten geſchieht es, daß er zwei Leinen, von mehr als 100 Klaftern Länge eine jede, abhaſpelt, indem er gerade niederwärts ſchießt, was ſchon allein 1200 Fuß Tiefe andeutet, ohne zu rechnen, um wieviel tiefer er nicht meßbar fortgeht. Daß er nicht ſelten den Meeresboden erreicht, ſieht man daran, daß man Wallfiſche mit zerbrochenen Kopfknochen findet, welche ſie ſich nur zerſpalten haben können, indem ſie im wüthenden Schuß herniederfahrend, auf den Meeresgrund aufſtoßen und dieſem Druck, bei 1200 Fuß ſchon 40 Atmoſphären betragkud, überdauert das Thier und zwar ohne daß es ſeiner Geſundheit ſchadet.

Der Druck, welchen die Körper erleiden, wenn ſie in eine Flüſſigkeit getaucht werden, iſt von allen Seiten gleich. Iſt der Druck ſtärker als der Widerſtand, den der in das Waſſer ſinkende Körper leiſtet, ſo ſchwimmt der Körper, iſt dagegen der Widerſtand deſſelben größer als die Druckkraft des Waſſers, ſo ſinkt der Körper unter, und zwar mit einer Kraft, welche als ein Maaß des Unterſchiedes zwiſchen der Druckkraft des Waſſers und der Druckkraft des einſinkenden Körpers benutzt werden kann.

Wenn man ein Stück Marmor von beliebiger Form an eine Schnur bindet, und frei ſchwebend in der Hand hält, ſo wird man ein gewiſſes Gewicht zu tragen haben, wird deutlich die Schwere fühlen, wenn man ſie auch nicht ſchätzen kann, welches für unſer Experiment auch gar nicht erforderlich.

Hält man nun dies Stück Marmor über ein Gefäß mit Waſſer, in welchem es unterſinken kann, ohne den Boden zu berühren, ſo wird man alsbald deutlich und beſtimmt fühlen, daß das Stück Marmor jetzt nicht mehr ſo viel wiegt als vorher.

Es muß nicht gerade Marmor ſein, es kann auch Blei oder Platina ſein, die Sache iſt dieſelbe, ſo wie man mit Meßapparaten operirt; ſobald es jedoch die Hand allein iſt, welche die Waage abgiebt, ſo iſt Blei und Platina nicht zweckmäßig, denn das Blei verliert nur $^1/_{12}$, Platina nur $^1/_{21}$ ſeines Gewichtes. Dies entdeckt die wägende Hand nicht ſogleich, allein beim Marmor beträgt dieſer Verluſt mehr als $^1/_3$, dies kann ſehr leicht gefunden, von der haltenden Hand ohne weitere Hülfsmittel empfunden werden.

Man pflegt zu ſagen, der in das Waſſer eingetauchte Körper verliert an ſeinem Gewicht ſo viel als das Waſſer wiegt, welches er verdrängt. Das iſt Thatſache, und es iſt ein Geſetz in der Natur, darum ſchwimmt Holz, weil es ſein ganzes Gewicht verliert, ſelbſt ohne vollſtändig unterzutauchen, darum ſchwimmt der Menſch, wenn er ausgeſtreckt ruhig auf dem Rücken liegt; er ſinkt zwar ein, ſo daß nur ein kleiner Theil ſeines Ge-

Digitized by Google

sichts über dem Wasser bleibt, allein er geht nicht unter, das Ertrinken kommt nur von der Angst und von der Ungeschicklichkeit her, wer diese nicht hat, der kann schwimmen, welches eben in nichts anderem besteht als dem Ueberwinden der Angst und dem Unterbringen aller Körpertheile unter Wasser, mit Ausnahme des Kopfes.

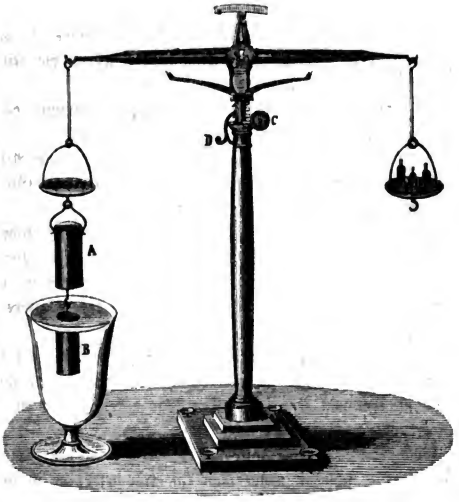
Der Körper also verliert, wenn er in Wasser eingetaucht wird, von seinem Gewichte soviel als das Wasser wiegt, welches er verdrängt. Wo bleibt denn aber das Gewicht? verloren geht in der Natur nichts! Es wird dem Wasser zugelegt. Stellt man den Versuch an, indem das Gefäß auf dem Tische steht, so nimmt man den Gewichtsverlust mit der Hand wahr, und sieht keine weitere Veränderung, als daß das Wasser in dem Glase höher steht als früher, dies aber hätte schon anzeigen können, wo das verlorene Gewicht bleibt. Beträgt es gerade so viel als das Wasser wiegt, welches der hinein gesenkte Körper verdrängt, so muß ja die Wassermasse um dies Volumen zunehmen, und so ist es auch vollständig, es findet eine solche Vermehrung statt, das Wasser steht viel höher in dem Glase als vorher — allein man kann den Versuch noch überzeugender machen. Man stelle das Wassergefäß nicht auf den Tisch, sondern auf eine Waage, tarire dasselbe genau, und nun hänge man den Körper (jetzt kann man auch statt des Marmors Gold oder Platina nehmen, die Gewichte geben das richtige an), an einem Faden schwebend, hinein. Der Faden trägt das ganze Gewicht des Körpers, allein so wie er in das Wasser getaucht wird, trägt der Faden nicht mehr Alles, sondern das Wasser trägt einen Theil, und mit dem Antheil, welchen der eingetauchte Körper verliert, wie man sich ausdrückt, mit dem Antheil wird die Schale, in welcher das Wassergefäß steht, niedergedrückt, durch auf der anderen Seite aufgelegte Gewichte kann man ermitteln, wieviel dies ist, und da es gleich ist einem Volumen Wasser, von der Größe des eingetauchten Körpers, so kann man durch Vergleich dieses Gewichtes mit dem des Körpers, außerhalb des Wassers gewogen, leicht ermitteln, wie schwer der eingetauchte Körper in Vergleich mit dem Wasser ist.

Da dieses die Grundlage aller Beurtheilung der Dichtigkeit der Körper ist, so wollen wir die vollkommene Methode geben, nachdem wir den Beweis geführt, daß der Körper im Wasser wirklich so viel von seinem Gewichte verliert, als ein gleiches Volumen Wasser beträgt.

Die Figur 485, Seite 185 zeigt das Instrument, welches man eine hydrostatische Waage nennt, es unterscheidet sich von jeder anderen guten Waage nur dadurch, daß seine Schalen ein paar Fuß über dem Tische schweben, auf welchem die Waage steht, und daß sie an ihrer unteren Fläche Häkchen haben, um etwas daran zu hängen.

Digitized by Google

Fig. 485.



Bei unserer Waage sehen wir auf der einen Seite einen hohlen Cylinder *A*, in welchen ein massiver Metallcylinder *B* genau hineinpaßt. Der Cylinder *B* hängt unter *A*, beide waren an freier Luft tarirt durch Gewichte, die man an der anderen Seite aufsetzt.

Die Waage ist an sich hoch, kann jedoch, da sie auf einer Zahnstange sitzt, die am Ständer beweglich ist, durch die Schraube *C* noch höher gehoben werden. Dies geschieht, bevor man das Experiment macht, damit man nach dem Tariren ein Gefäß mit Wasser unter den Cylinder *B* stellen könne. Ist dies geschehen, so senkt man die ganze Waage durch die Schraube *C* nieder, bis der Cylinder *B* ganz im Wasser ist. Schon in dem Augenblick, wo der Cylinder die Oberfläche des Wassers berührt, wird das Gleichgewicht gestört sein, und dies findet immer mehr statt, je tiefer er eintaucht. Man kann nun das Gleichgewicht wieder hervorbringen, indem man Gewichte auf die leere Schale setzt, allein dies würde den oben angeführten Satz nicht beweisen, dazu hilft uns der hohle Cylinder *A*. Dahinein gießt man Wasser, und sobald es das Gefäß ganz füllt, so wie der Cylinder voll ist, wie Fig. 485 zeigt, d. h. sobald genau so viel Wasser hinzu gethan ist

Digitized by Google

als der Cylinder *B* durch sein Eintauchen verdrängt, ist das Gleichgewicht wieder hergestellt.

Hier ist unzweifelhaft, daß der Verlust des Cylinders *B* an seinem Gewicht gleich ist dem Gewicht einer Quantität Wasser, die seinem Volumen entspricht.

Nachdem dies einmal festgestellt ist, hat man es benutzt, das specifische Gewicht der Körper darnach zu bestimmen. Man hängt ein Stück Gold von 20 Gran, wohl tarirt, auf die vorhin beschriebene Art in das Wasser, an die Stelle des Cylinders *B*, man muß, um das Gleichgewicht wieder herzustellen, 1 Gran von den Gewichten hinwegnehmen — der Gewichtsverlust beträgt also $^1/_{20}$, so sagt man, Gold ist 20mal schwerer wie Wasser. Man hängt ein Stück Silber von 11 Loth an die Waageschale, findet beim Wägen im Wasser, daß es 1 Loth weniger wiegt, man sagt also, das Gewicht des Silbers verhält sich zu dem des Wassers wie 11 zu 1, oder das Silber wiegt 11mal so schwer als Wasser.

Auf diese Weise ist das specifische Gewicht aller bis jetzt bekannten Körper bestimmt worden, allein es giebt noch eine andere ganz sichere Methode, welche nicht einmal eine so kostbare Waage fordert, es ist die durch Nicholson erfundene.

Fig. 486.

Das Instrument, welches in dem Glascylinder schwebt, nennt man ein Aräometer, es ist von Blech, hat unten ein kegelförmig gestaltetes Körbchen, welches mit etwas Blei im Innern beschwert ist, so daß, in's Wasser gebracht, das Instrument darin schwimmt, und etwa zum 5ten Theil seiner Länge darüber hervorsteht.

Nun setzt man auf das Schälchen *A* so viel Gewichte, bis das Ganze in das Wasser sinkt, bis auf die Mitte des Stengels *o*, der das Schälchen trägt. Dieses Gewicht merkt man sich genau, es wird entweder auf das Aräometer geschrieben, oder es ist in dem Schächtelchen, worin die dazu gehörigen Gewichte bewahrt werden, angegeben.

Will man nun das specifische Gewicht eines Körpers *m* kennen, so bringt man das Aräometer in den Cylinder mit Wasser, legt *m* oben auf das Schälchen, und legt dann so viel Gewichte zu, bis das Instrument einsinkt zur Mitte des Stäbchens *o*, woselbst eine Marke durch einen Feilstrich angebracht ist. Auf dem Schälchen *A* muß nun so viel Gewicht liegen als vorhin (wir wollen sagen 1000 Gran), es stehen

Digitized by Google

aber nur 500 Gran Gewicht darauf, nun so muß der eben hinzugelegte Körper *m* 500 Gran wiegen, weil mit ihm und 500 Gran das Aräometer so tief sinkt als mit 1000 Gran.

Man nimmt jetzt den zu wiegenden Körper oben hinweg und legt ihn dahin, wo er in der Fig. 486 zu sehen ist, in das Körbchen *C*. Es wird bei dem Einsenken in Wasser der Korpus des Aräometers *B* nunmehr wohl auch in das Wasser sinken, aber keineswegs so tief als vorhin, weil das Stück *m* nicht in der Luft, sondern im Wasser gewogen wird.

Wir haben nunmehr wieder Gewichte oben bei *A* zuzulegen, wir wollen annehmen, das seien 100 Gran gewesen, so sagen wir, in der Luft gewogen wiegt *m* 500 Gran, wenn *m* im Wasser liegt, so muß ich noch 100 Gran auf die Schale legen, *m* zog oben mit 500 Gran, unten bei *C* zieht *m* also nur mit 400 Gran, der Körper *m* hat also im Wasser ⅕ seines Gewichts verloren oder ist fünfmal so schwer als Wasser.

Fig. 487.

Diese Methode ist sehr genau und Nicholson's Nachfolger haben dadurch sehr schöne Resultate erzielt, welche durch die feinsten, hydrostatischen Waagen noch nicht überboten sind, dennoch ist man jetzt davon beinahe ganz abgegangen und bedient sich nur der Methode durch die Waagen; allein zur Bestimmung des specifischen Gewichts der Flüssigkeiten bedient man sich der Nicholson'schen Methode.

Das hier unter Fig. 487 abgebildete Instrument ist von Glas, die untere Kugel ist auch von Glas, wohinein etwas Quecksilber gebracht ist, so daß die Senkwaage von selbst bis zu dem Anfange des Halses einsinkt.

Der Hals, die Verbindung zwischen dem Corpus des Instrumentes und dem Schälchen, worauf die Gewichte stehen, hat eine größere Stärke, so daß es immer einiger 40—50 Gran bedarf, um denselben ganz in die Flüssigkeit einsinken zu machen. Immer muß man zwei solcher, von Fahrenheit in Danzig am Anfange des vorigen Jahrhunderts erfundener Instrumente haben, das eine für Flüssigkeiten, welche leichter sind als Wasser, das andere für solche, die schwerer sind. Das in Fig. 487 gezeichnete sei für schwerere Flüssigkeiten, so wird dasselbe in Wasser sehr tief stehen müssen, wenn es nun in Salzwasser, in Milch, in Zuckerwasser gebracht wird, so wird es zu hoch stehen und man wird Gewichte darauf legen müssen, um dasselbe so tief einzusenken, als es verlangt wird. Die Quantität von Gewichten, welche dazu nöthig ist, giebt den Ueberschuß des Gewichtes der Flüssigkeit über das Wasser. Wird das Instrument gebraucht, um den Zuckergehalt einer Flüssigkeit zu bestimmen, so heißt es Saccharometer, bedient

Digitized by Google

Fig. 488.

man sich dessen, um den Salzgehalt zu bestimmen, so nennt man es Soolwaage, soll der Stoffgehalt der Milch dadurch ermittelt werden, so nennt man es Lactometer.

Ist es dagegen so eingerichtet, wie Fig. 488 (welche übrigens mit der vorhin beschriebenen ganz conform, nur hinsichts der Gewichtszugabe und des Einsinkens in die Flüssigkeit anders ist), so ist es für leichtere Flüssigkeiten als Wasser bestimmt, dann bedarf es, um im Wasser bis zu einem gewissen Punkte einzusinken, der Gewichte, ohne diese steht es hoch darüber hinaus; wenn man es dagegen in Branntwein, in Spiritus, in Aether bringt, so sinkt es desto tiefer ein (von selbst), je leichter die Flüssigkeit ist und man braucht, um es bis an die Marke einsinken zu lassen, immer kleinerer Gewichtsmengen, dergleichen nennt man Branntweinprober, Alkoholometer.

Seit mehr als 50 Jahren schon macht man diese Aräometer für Flüssigkeiten anders, man vermeidet die Gewichte, macht den Stiel des Instrumentes aus einer beinahe 1 Fuß langen, wie ein Bleistift dicken Glasröhre,

Fig. 489.

woran der Corpus des Instrumentes angeschmolzen ist, bringt inwendig in die Röhre eine Scala und an dieser liest man ab, wie sich die Flüssigkeit, welche man prüfen will, zum Wasser verhält, aber auch hier braucht man zwei verschiedene Spindeln für Flüssigkeiten, die schwerer und für solche, die leichter sind als Wasser, für die ersteren sinkt die Spindel im Wasser ganz unter, für die letzteren steht dieselbe im Wasser ganz hoch. In neuester Zeit ist man jedoch zu der vorigen Methode, als der genaueren, zurückgekehrt.

Noch eine Methode der Gewichtsbestimmung giebt das sogenannte Tausendgranfläschchen, ein Gefäß aus reinem weißen Glase mit einem Glasstöpsel, welches, wenn es ganz gefüllt und mit dem schließenden Stöpsel versehen ist, genau 1000 Gran Wasser enthält. Der Kasten, welcher zu diesem Glase gehört, enthält ein großes Gewicht, welches genau so schwer ist, als das leere, ganz trockene Glas, dann sind dabei viele sehr kleine, bis auf Theile des Grans gehende Gewichte. Beim Gebrauch wird vorausgesetzt, daß man eine sehr gute Waage habe.

Soll nun eine Flüssigkeit untersucht werden auf ihr specifisches Ge-

Digitized by Google

wicht, so füllt man das Fläschchen damit an und sieht zu, wie viel man neben der Tara des Fläschchens noch wird auflegen müssen, ist es Weingeist, ist es Aether, sind es leichte Oele, so wird dies immer weniger sein, als wenn es Wasser wäre, sind die Flüssigkeiten Säuren oder Lösungen von Salzen, von Alkalien, so wird es mehr sein, die Gewichte geben nun ganz genau das Verhältniß an. Man hat Weingeist und findet zur Ausgleichung ein Gewicht von 750 Gran nöthig, so sagt man: dieser Weingeist verhält sich zum Wasser wie 750 zu 1000 = 75 : 100; oder man hat concentrirte Schwefelsäure und sie fordert 2000 Gran zur Ausgleichung, so sagt man: sie verhält sich zum Wasser wie 2000 zu 1000 oder wie 2 : 1.

Diese Methode ist höchst bequem, weil sie alles Rechnen überflüssig macht, sie heißt daher in England „for practic man", für Practiker, für solche, die viel mit dergleichen Dingen umgehen und doch nicht rechnen können oder wollen. Man lacht bei uns darüber, weil unsere Gymnasiasten eine Bildung erhalten, welche sie Logarithmen gebrauchen, integriren und differenziren lehrt, sie sich also vor einem kleinen Rechnenexempel nicht scheuen, leider aber geht während der Studien auf der Universität und dann während des Einführens in den practischen Staatsdienst dies Alles so verloren, daß die braven Herren, wenn sie dazu kommen, es brauchen zu können, es vergessen haben bis auf den Namen der Sache. In England, wo manche der entsetzlichsten Mißbräuche herrschen und die Schulen auch möglichst schlecht sind, so daß der Verfasser sich ausdrücklich vor dem Gedanken verwahrt, als wolle er sie den Deutschen an die Seite oder gar über dieselben stellen, haben eben diese schlechten Schulen doch das sehr Gute, daß wenigstens nichts darin gelehrt wird, auf dessen Vergessen man geradezu angewiesen ist. Dort nun braucht man diese practischen Methoden gern und häufig und daß ihr Gebrauch wenigstens den Fortschritten der Industrie nicht schade, zeigen die Engländer.

Das Tausendgranfläschchen dient auch zur Bestimmung des specifischen Gewichtes fester Körper, indem man diese hineinbringt, wägt, dann aber destillirtes Wasser hinzu gießt und nun erfährt, wie viel weniger als 1000 Gran man gebraucht hat, um das Fläschchen zu füllen; wären es z. B. 900 gewesen, so hätte er 100 Gran verdrängt. Er hat aber trocken 1000 Gran gewogen, so verhält sich sein Gewicht zu dem des Wassers, was er verdrängt hat, wie 1000 zu 100, d. h. er ist zehnmal schwerer als Wasser.

Eine Unbequemlichkeit ist leider bei diesem sonst sehr zweckmäßigen Apparat kaum zu beseitigen, es ist schwer, ihn immer wieder vollkommen zu reinigen, und dies ist unerläßlich; da muß man denn die chemischen Verwandtschaften zu Hülfe nehmen, eine Fettsubstanz durch ein Aetzalkali zu

Digitized by Google

verseifen und diese Seife durch heißes Wasser aufzulösen suchen, Terpentin oder andere ätherische Oele durch Weingeist auflösen, durch Verdunstung entfernen, wie man es irgend kann. Bleiben fremde Substanzen zurück, so werden die Resultate unsicher, man darf sich daher hierin keine Nachlässigkeit zu Schulden kommen lassen.

Zustand der Flüssigkeiten während der Bewegung.

Das Gleichgewicht der Flüssigkeiten hängt davon ab, daß sie im Zustande vollkommener Ruhe sind und dies ist nur möglich, wenn die Theile der Flüssigkeit so unterstützt sind, daß sie nicht streben, eine noch niedere Lage gegen einander einzunehmen.

In diesem Zustande bilden die Oberflächen der Flüssigkeiten, wie wir bereits bemerkt, immer eine vollkommen horizontale Ebene, mit einer solchen stehen die Flüssigkeiten in allen Gefäßen, dieselben mögen so weit und so tief sein als sie wollen, Weltmeer oder Tassenkopf gilt gleichviel.

Da die Stellung der Flüssigkeiten von ihrer Schwere gegen den Kern der Erde abhängt, so stehen in denselben Gefäßen vereinigte Flüssigkeiten immer so, daß die schwereren den tiefsten Raum einnehmen. Wenn man in dieselbe Flasche Steinöl, an der Luft zerflossenes Kali, Quecksilber, Alkohol gießt, so geht immer das Quecksilber nach unten und das Steinöl bleibt oben, das Kali lagert auf dem Quecksilber u. s. w., je nach der specifischen Schwere ordnen sich die Körper, wie oft man sie auch schütteln möge, ja selbst Flüssigkeiten, welche sich zu mischen pflegen, kann man bei einiger Behutsamkeit in der Behandlung sich über einander stellen sehen, nicht etwa indem man Weingeist behutsam auf eine Wasserfläche gießt, da er dann allerdings oben stehen bleibt, sondern indem man denselben durch Wasser hindurch steigen läßt, ja es braucht nicht einmal Spiritus zu sein, das Experiment gelingt mit einem guten französischen Wein, wenn er nur feurig, d. h. wenn er nur specifisch leichter ist als Wasser (vermöge seines Gehaltes an Alkohol). Man füllt eine Medicinflasche mit nicht zu weitem Halse mit sehr gutem Bordeauxwein und senkt sie behutsam in ein Glas mit Wasser, so daß dieses handhoch über der Flasche steht, doch beim Einsenken nicht gar zu turbulent bewegt wird, man kann allenfalls die Flasche ganz leicht verkorkt haben, bis das Wasser ganz in Ruhe ist, dann aber den kaum festsitzenden Kork mittelst eines daran befindlichen Bindfadens herausziehen, indeß das Fläschchen stehen bleibt.

Sobald dies geschieht, drängt sich das Wasser, welches schwerer ist als der Wein, in die Flasche und vertreibt den Wein daraus, dieser steigt in einer

Digitized by Google

geschlängelten Ader langsam empor und breitet sich auf der Oberfläche aus, ein Spiel, welches so lange dauert, bis das Gläschen ganz mit Wasser gefüllt ist.

Gleichartige Flüssigkeiten üben nach allen Seiten einen gleichmäßigen Druck aus, wie wir gesehen haben. Eine Flasche mit langem Halse und bis oben hin gefüllt, drückt vermöge dieser Füllung eben so gut von unten nach oben als von oben nach unten, und wenn diese Flasche noch einen zweiten Hals hätte oder bekäme, so würde das Wasser in diesen beiden Hälsen gleich hoch stehen, weil nur dann Gleichgewicht stattfindet; sobald nämlich in einem der beiden Hälse die Flüssigkeit höher stände als in dem anderen, so würden die Flüssigkeitstheilchen an der offenen Stelle des zweiten Halses einen so starken Druck von unten nach oben, wie sie denselben nebenbei auf das Glas der Flasche üben, dieses kann nicht nachgeben, die offene Stelle, über welcher der zweite Hals befindlich, leistet aber solchen Widerstand nicht, in ihr steigt also das Wasser empor, bis bei gleicher Höhe mit dem anderen auch ein gleicher Druck vorhanden ist.

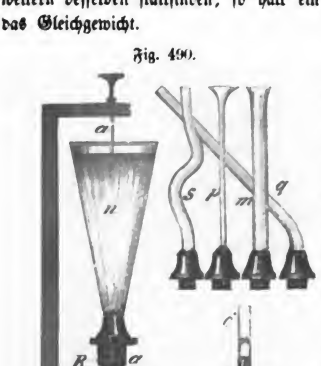
Man pflegt dies darzuthun, indem man sogenannte communicirende Röhren zeigt (Uförmig gebogene Glasröhren von sehr verschiedenem Durchmesser und verschiedenen Krümmungen), in welchen das Wasser stets in beiden Schenkeln gleich hoch steht; wir haben dessen bereits bei dem Nivelliren erwähnt, welches allein hierauf beruht, wollen aber noch anführen, daß dieser gleiche Stand in verbundenen Gefäßen auf mancherlei Art benutzt wird. Bei den Dampfmaschinen zeigt der sogenannte Wasserstandsmesser vermöge einer Röhre auswendig am Kessel, wie hoch inwendig das Wasser steht. Das Grundwasser in unseren gewöhnlichen Brunnen, wenn es nicht durch Quellen gespeist wird, steht überall gleich hoch, in einer wirklichen Ebene sogar ganz gleich hoch von der Oberfläche der Erde entfernt, sonst aber von einer horizontalen Linie gemessen (weil die Erdoberfläche in der Regel nicht eine vollkommene Ebene ist).

Wenn ein Damm auf einer Seite durch die steigenden Fluthen des Stromes einen viel höheren Wasserstand hat als auf der anderen Seite, so kommt es leicht vor, daß an einer schlechten Stelle sich ein Canal eröffnet, welcher nothwendig zur Zerstörung des Dammes führen muß, denn Verstopfen und Aufpacken von Sandsäcken ꝛc. ist eine ganz vergebliche Mühe. In Holland, wo die Meeresfluthen die Nachbaren der fleißigen Ackerbürger sind, kommt man solchem Unglück ganz einfach auf folgende Art zuvor: in jedem Hause findet sich ein Blechrohr von der Höhe des Dammes, das an einem Ende erweitert in eine große, breite Fläche ausgeht. Wird bei Sturmfluthen der Damm bedroht, so ist man sehr wachsam, um die möglicherweise eintretende Gefahr rechtzeitig zu entdecken, sobald man irgendwo

Digitized by Google

einen ſolchen Schaden ſieht, eine Waſſerader bemerkt, bringt man eine ſolche Röhre herbei, erweitert allenfalls die Waſſerader ein wenig, um ſofort Steigung zu erhalten, deckt das breite Ende der Röhre, den flachen Fuß derſelben darauf, befeſtigt ihn mit angelegten Sandſäcken und alsbald, wie das Waſſer in der Röhre ſteigt, hört das weitere Bohren durch den einſeitigen Druck auf, weil der einſeitige Druck ſelbſt aufhört; vermöge der Röhre und des innerhalb derſelben vorhandenen Standes der Flüſſigkeit, welcher dem Stande des Waſſers jenſeits des Dammes ganz gleich iſt, kann kein Fließen, Schwanken des Waſſers im Canal und daher auch kein Erweitern deſſelben ſtattfinden, ſo hält ein Federkiel voll Waſſer dem Meere das Gleichgewicht.

Fig. 490.



Wenn in communicirenden Röhren *verſchiedene* Flüſſigkeiten befindlich, ſo ſind ihre Oberflächen einzeln zwar auch horizontal, jede hat aber ihren eigenen Höhenſtandpunkt. Die Fig. 490 zeigt eine Veranſtaltung, welche dies anſchaulich machen wird. In den communicirenden Röhren *abc* befindet ſich Queckſilber, daſſelbe ſteht in beiden Röhren *a* und *c* gleich hoch, indem es durch die Verbindungsröhre gleiten kann. Sind die Verbindungsſtellen zwiſchen den verſchiedenen Röhren von Metall, ſo muß dies Eiſen ſein, Holz iſt wegen des Quellens im Waſſer nicht brauchbar. Am beſten iſt es, wenn *abc* eine zuſammenhängende, im Feuer zweimal rechtwinklig gebogene Glasröhre iſt.

Man ſetzt nun bei *R* mittelſt einer Schraube irgend ein beliebiges Gefäß *n* auf. So lange dieſes leer bleibt, ſo lange bleibt das Queckſilber in *a* und *c* ganz gleich hoch ſtehen und die Gipfelpunkte des Queckſilbers bilden eine horizontale Linie. Sobald man jedoch Waſſer in das Gefäß gießt, ſteigt das Queckſilber in dem Rohre *c*, ſo wie es in dem Rohre *a* fällt, aber Queckſilber und Waſſer in *na* bringen einen ganz gleich ſtarken Druck hervor, wie das Queckſilber in *cc'*, und mißt man von der Schraube *a*, welche den Waſſerſpiegel berührt, bis *R*, wo das Queckſilber ſteht, ſo findet

Digitized by Google

man, daß die Höhe $13\frac{1}{2}$ mal so groß ist als die Länge der Quecksilbersäule, welche in dem Schenkel cc' über c hinaus getrieben ist und jetzt höher als das Quecksilberniveau bei R steht. Das Stück Quecksilber über diesem Niveau hält der ganzen Wassersäule das Gleichgewicht.

Welche andere Flüssigkeit man statt des Quecksilbers nähme, vorausgesetzt, daß sie sich nicht mit dem Wasser vermische, so würde man immer sehen, daß die Unterschiede des Niveaus der beiden Flüssigkeiten genau ihren specifischen Gewichtsunterschieden entsprechen.

Der Apparat zeigt unter s, p, m und q noch verschiedene Aufsatzröhren, welche man an die Stelle von n bringen kann, sie dienen, um den Beweis zu führen, daß es gleichgültig sei, welche Gestalt die Röhre habe, wenn ihre Füllung mit Wasser nur gleich hoch ist, immer wird dann auch der Niveauunterschied der beiden Quecksilbersäulen gleich sein. Würde man bei c eine der Säulen s, p, m oder q auffetzen, statt n aber eine andere (oder auch n an seiner Stelle lassen), so würde man wahrnehmen, daß die Flüssigkeiten in beiden Gefäßen oder Röhren immer gleich hoch stehen, welches zum Beweise des bereits Gesagten dienen würde. Natürlich müßte dann in den Röhren abc auch Wasser sein und nicht Quecksilber oder eine andere Flüssigkeit.

Würde das ganze Gefäß sammt den communicirenden Röhren Wasser enthalten, aber bei c offen sein, so würde natürlich das Wasser in diesem Schenkel nicht höher steigen können, als bis zur Mündung, aus dieser würde es ausfließen. Dies ist der Vorgang bei den meisten unserer Quellen, irgendwo etwas höher als die Mündung der Quelle liegt ein Wasserbecken, aus dem eine Ader nach der Mündung der Quelle führt, so lange dort oben noch Wasser befindlich, fließt weiter unten etwas aus. Auch unsere künstlichen Quellen, die Wasserleitungen, beruhen auf demselben Princip, irgendwo höher als die zu versorgende Stadt oder die Badeanstalt liegt ein Wasserbehälter, von welchem Röhren bis an den Ort ihrer Bestimmung führen, hier fließt — so weit die Mündungen niedriger liegen als das Reservoir und sofern sie offen sind — Wasser aus.

Sind die Röhren nicht offen (kehren wir zu unserer Fig. 490 zurück), ist c nicht offen, so kann darin das Wasser nur bis an den Verschluß c steigen, aber auf diesen Verschluß drückt das Wasser von unten aufwärts so stark, wie es durch seine Höhe nur irgend kann, also mit seinem ganzen Gewicht. Macht man nun über c eine kleine Oeffnung, bohrt ein Loch hinein, so springt augenblicklich ein Wasserstrahl empor und zwar um so höher, je weiter n mit Wasser gefüllt ist. Eigentlich sollte er genau so hoch springen, auch steigt er in eine Röhre eingeschlossen wirklich so hoch; bei

Digitized by Google

freiem Sprung ist jedoch Reibung, Widerstand der Luft und die Schwere (der freie Fall) dergestalt hinderlich, daß diese Sprunghöhe niemals erreicht wird, ja Letzteres wird so beträchtlich, daß bei bedeutenden Massen die Sprunghöhe zuletzt um die Hälfte hinter der Druckhöhe zurückbleibt.

Versuche, die hier allein entscheidend sind, haben gezeigt, daß unter den günstigsten Verhältnissen bei 5 Fuß Steighöhe der Fall 5 Fuß und einen Zoll betragen müsse, daß aber, für jede weiteren 5 Fuß als Einheit angenommen, die zuzugebenden Zolle nach den Quadraten der Anzahl der Einheiten steigen, um die dazu gehörige Sprunghöhe zu erhalten, also bei 4 Einheiten (à 5 Fuß) 4 mal 4 Zoll, bei 10 Einheiten 10 mal 10 Zoll zugegeben werden müssen.

Daraus ergiebt sich folgende Scala: will man eine Sprunghöhe haben von irgend welcher Länge (in der ersten Colonne), so muß man dazu eine gleiche Fallhöhe haben (in der zweiten Colonne) und die Zahl der Einheiten quadrirt in Zollen (in der dritten Colonne).

5 Fuß	5 Fuß und	1 mal	1 Zoll
10 "	10 " "	2 "	2 "
15 "	15 " "	3 "	3 "
20 "	20 " "	4 "	4 "
25 "	25 " "	5 "	5 "
30 "	30 " "	6 "	6 "
35 "	35 " "	7 "	7 "
40 "	40 " "	8 "	8 "
45 "	45 " "	9 "	9 "
50 "	50 " "	10 "	10 "
55 "	55 " "	11 "	11 "
60 "	60 " "	12 "	12 "
65 "	65 " "	13 "	13 "
70 "	70 " "	14 "	14 "
75 "	75 " "	15 "	15 "
80 "	80 " "	16 "	16 "
85 "	85 " "	17 "	17 "
90 "	90 " "	18 "	18 "
95 "	95 " "	19 "	19 "
100 "	100 " "	20 "	20 "
150 "	150 " "	30 "	30 "
200 "	200 " "	40 "	40 "
250 "	250 " "	50 "	50 "
300 "	300 " "	60 "	60 "

Digitized by Google

Man sieht, in welcher ungeheueren Progression dieser Zusatz von Zollen wächst, bei 100 Fuß bedarf es eines Zusatzes von 20 mal 20, d. h. 400 Zoll oder 33 Fuß, 4 Zoll zur Fallhöhe, um die verlangte Sprunghöhe zu erreichen, bei 150 Fuß beträgt der geforderte Zusatz über 74 Fuß, bei 200 über 144, bei 250 Fuß über 208 Fuß und soll der Strahl gar 300 Fuß erreichen, so wird die Fallhöhe genau 600 Fuß sein müssen, weil zu den 300 ursprünglichen Falles noch 60mal 60 Zoll, d. h. 3600 Zoll, d. h. 300 Fuß kommen, die auf Fallgeschwindigkeit und Widerstand der Luft zugegeben werden müssen. Hierbei sind immer die günstigsten Bedingungen vorausgesetzt und diese werden bei solchen Anlagen keineswegs immer gefunden; sie sind „Oeffnung in der dünnen Wand" und Weite von neun Linien.

Das Erste muß erklärt werden: man nennt Oeffnung in der dünnen Wand diejenige Einrichtung, bei welcher die kurze Röhre *c* durch eine verhältnißmäßig sehr dünne gerade Platte geschlossen wird, in welcher eine cylindrisch gebohrte Oeffnung befindlich. Je bedeutender die Sprunghöhe sein soll, desto größer muß der Druck gegen diese Platte sein und desto mehr Widerstand muß sie also leisten können, die Wand, welche dünn genannt wird für eine blecherne Stubenfontaine, würde von einer Gartenfontaine beim ersten Anlauf durchbrochen werden, es kann also nur von verhältnißmäßigen Dimensionen die Rede sein und die Platte, welche für die Fontaine auf der Wilhelmshöhe bei Cassel, die 200 Fuß hoch springt, eine dünne Wand heißt, gäbe für einen kleinen Springbrunnen, wie man ihn vor seinem Landhause hat, eine Bohrung, die man nicht in der dünnen Wand, sondern die man einen cylindrischen Ansatz nennen würde. Den anderen Gegenstand betreffend, so hat sich aus tausenden von Versuchen, die nicht sowohl der Wissenschaft als der Kunst wegen (der Gartenkunst nämlich) gemacht worden sind, ergeben, daß es eine gewisse Grenze für die Weite der Oeffnung gäbe, über welche hinaus man nicht gehen dürfe, wenn man das Günstigste erreichen wolle.

Es möge nämlich die Menge des Wassers noch so groß sein, so darf man die Oeffnung, aus welcher der Strahl springt, nicht über $\frac{3}{4}$ Zoll im Durchmesser machen, und soll der Strahl mannsdick sein oder vielmehr scheinen, so muß man in die Metallplatte, aus welcher er steigt, so viele Löcher in einiger Entfernung von einander bohren, daß die verlangte scheinbare Dicke des Strahles durch die vereinte Wirkung all der einzelnen Strahlen erzielt wird. Würde man die Bohrungen, welche einen großen Flächenraum bilden, in eine einzige Oeffnung verwandeln, die genau denselben Flächenraum hätte, so würde man vielleicht nicht den dritten Theil

Digitized by Google

der Sprunghöhe erhalten, ja wäre der Zufluß und der Druck nicht gewaltig, so würde man statt 100 Fuß hoch steigende Fontainen nur einen Springquell haben, ähnlich irgend einem natürlichen Sprudel, wie starke Quellen ihn geben. Dieses Zertheilen des Strahles in viele kleine, welche gewöhnlich in einem Kranze vereinigt stehen, ist so sehr vortheilhaft, daß man es sogar bei gewöhnlichen Gartenfontainen von nur 12 bis 15 Fuß Sprunghöhe anwendet.

Natürliche Fontainen von den großartigsten Dimensionen kommen auf vulkanischem Boden nicht selten vor. In Europa ist einer der schönsten der Sprudel bei Carlsbad in Böhmen, welcher, nur entstellt durch seine Ummauerung und die Aufsatzröhren, die sein eigenes, freies Steigen hindern, die Schönheit nicht entwickeln kann, deren er fähig wäre; aber von einer ganz unvergleichlichen Pracht sind die heißen Quellen auf der Insel Island in dem Högnedal (Thal des Högn). Der Boden dieses Thales besteht aus lauter Kieselsinter, ist flach, aber von unzähligen Fumarolen durchbohrt, Oeffnungen, aus denen Rauch und Dampf in Menge ausgestoßen wird; der ganze Boden des Thales scheint ausgehöhlt und liegt unzweifelhaft über einem großen vulkanischen Heerde. Hier befinden sich nun die beiden gewaltigsten Springquellen, welche die Erde trägt, so weit sie bekannt ist, der Geisir und der Strokr. Was von einem dieser beiden gilt, das gilt vom anderen auch, der Unterschied zwischen denselben besteht nur darin, daß der Strokr weniger Wasserdampf und weniger dicke Wasserstrahlen aussendet als der Geisir, dagegen nicht selten doppelt so hoch steigt.

Jede dieser heißen Quellen hat um sich her einen Hügel gebildet, auf dessen Gipfel ein breites Becken befindlich, das Wasser der Quellen ist überreich mit Kiesel beladen; so wie es an die Oberfläche steigt und die hohe Temperatur so wie auflösende gasartige Säuren verliert, schlägt der nunmehr in zu großer Menge vorhandene Kiesel sich nieder und dies ist es, was zunächst der Quelle erhärtet und bei dem Geisir einen Hügel von 30 Fuß Höhe und einigen 100 Fuß Durchmesser gebildet hat. Das Becken, welches auf dem Gipfel dieses Hügels liegt, ist länglich rund und nach einer Rechnung ungefähr 30 Ellen, nach der anderen 25 Ellen breit, es senkt sich nur einige Fuß unter die Oberfläche, in der Mitte aber befindet sich ein Rohr, welches mehr als 10 Fuß Durchmesser hat und einige 70 Fuß tief in senkrechter, mit dem Senkblei gemessener Richtung hinabsteigt, dann aber sich nach verschiedenen Richtungen verzweigt. Gewöhnlich steht das Wasser, grünlich, klar und ohne Aufwallung, etwa 10 bis 12 Fuß tief unter der Ausflußmündung, nach einiger Zeit beginnt es zu steigen, zu fallen, wieder zu steigen und endlich erhebt es sich aus dem Rohre bis in

Digitized by Google

das Becken, welches dann in kurzer Zeit bis zum Ueberlaufen voll ist. Nun beginnt das Wasser in der Mitte des Beckens zu wallen, zu sinken, ruck- und stoßweise empor zu springen, plötzlich steigt es unter gewaltigen Detonationen 100 Fuß hoch, dann sinkt es wieder, dann steigt es nochmals 150 bis 200 Fuß hoch und beim Strokr soll es mitunter bis auf 400 Fuß gehen, bis im Laufe von einigen Minuten die wunderbar prächtige, für den Nahenden aber sehr gefährliche Erscheinung zusammensinkt, das Wasser sich aus dem Becken verläuft, dann in dem Rohre 10 Fuß tief stehen bleibt, ruhig als könnte es niemals anders sein, bis nach einer Stunde oder nach einem Tage die Erscheinung wieder in der beschriebenen Art in durchaus unregelmäßigen Zwischenräumen stattfindet.

Diese Prachtwerke der Natur scheinen jedoch auf einem anderen Princip zu beruhen als unsere gewöhnlichen Fontainen, bei denen lediglich der Druck des Wassers, die Schwere desselben das Wirksame ist, wahrscheinlich sind es hoch gespannte Dämpfe, welche wie die zusammengedrückte Luft im Windkessel wirken. Mehr als diese und überhaupt alle springenden Quellen, so weit sie heißes Wasser enthalten, sind die artesischen Brunnen als Fontainen mit gewöhnlichem Wasserdruck zu betrachten. (S. Zimmermann's Erdball, II. Th. „Von den Quellen.")

Da die Kraft des Wasserdruckes durch bedeutende Höhen in das Enorme gesteigert wird, so ist begreiflich, daß dadurch Naturereignisse herbeigeführt werden können, welche sehr traurige Folgen haben, es gehören die Erdfälle hierher. Diese haben zwar verschiedene Ursachen (z. B. Höhlungen, deren Decken einstürzen, solcher Erdfälle, gewöhnlich nur von geringem Durchmesser, giebt es in Gebirgsgegenden, welche hauptsächlich Kalk zur Grundlage haben, wie z. B. auf der würtembergischen Alp und auf dem Karst, nördlich von Triest und Venedig, unzählig viele, sie sind nicht sehr gefährlich, weil sie meistens nur ganz unbedeutende Strecken umfassen) eine Hauptursache aber und zwar gerade die Ursache der entsetzlichsten Ereignisse, wodurch ganze Landstrecken zu Grunde gehen, scheint der Wasserdruck zu sein.

Daß es unterirdische Räume von sehr großer Ausdehnung giebt, welche ganz mit Wasser gefüllt sind, unterliegt keinem Zweifel, findet gegen die Wölbungen derselben nur ein geringer hydrostatischer Druck statt, so wohnt man, bei der Mächtigkeit der Erdschicht, doch sehr sicher darauf, allein wenn diese Höhlungen ihre Zuflüsse aus sehr hoch gelegenen Gegenden erhalten, so ist es sehr leicht möglich, daß der Druck, den die weiten Decken dieser Höhlungen zu tragen haben, so stark wird, daß sie ihm nicht mehr widerstehen können, dann stürzen sie zusammen und versinken in dem Wasser, welches ihnen den Untergang bereitete und welches früher unter ihnen, nun-

Digitized by Google

mehr oben steht, einen See bildend, da wo früher bewohntes und wohl bebautes Land war.

Einer der größten Erdfälle trug sich im Jahre 1801 im Königreich Neapel zu. Bei Arpino (dem alten Arpinum), einer Stadt von 10,000 Einwohnern, am Garigliano, in der Terra di Lavoro gelegen, bemerkte man auf einem weiten Raum eine ungemeine Erhöhung des Grundwassers, da es jedoch mit Regengüssen in einem scheinbaren Zusammenhange stand, ahnte Niemand Gefahr — da versank plötzlich in einer Nacht eine Strecke von mehr als 500 neapolitanischen Morgen (à 1¼ preuß.) mit Allem, was darauf stand, so vollkommen und in eine solche Tiefe, daß selbst die höchsten Bäume nicht mehr zu sehen waren.

Gesetzt das Wasser wäre diesem unterirdischen Behälter nur von einer Höhe von 500 Fuß über dem Wasserspiegel zugeführt worden, so würde hierdurch jeder Quadratfuß der Decke einen Druck von 35,000 Pfund erhalten haben, welches, wie Munke meint (Handbuch der Naturlehre), allerdings genug ist, solch ein Ereigniß begreiflich zu machen. Hiermit kann sich allerdings der Verfasser nicht einverstanden erklären, denn es ist zwar der Flächenraum berücksichtigt, aber nicht die Masse des darauf lagernden Gesteines und Erdreiches, welches zum allermindesten ein doppelt so großes specifisches Gewicht hat als das Wasser, und um dieses zu heben, dürfte wohl mehr erforderlich sein als die Berechnung giebt.

Nehmen wir nur eine Dicke von 1000 Fuß an, was doch höchst wahrscheinlich viel zu wenig ist für das Gewölbe einer Höhle von so ungeheurer Ausdehnung, so würde ein Druck von 500 Fuß über dem Wasserspiegel der Höhle erst 250 Fuß der Masse des Gewölbes das Gleichgewicht halten, um der ganzen Decke dasselbe zu thun, müßte der Druck schon 2000 Fuß über dem Wasserspiegel oder 1000 Fuß über der Oberfläche der Erde betragen, dann aber wäre von Heben des ungeheuren Gewichts noch keine Rede, das Wasser müßte über diese Höhe hinaus noch beträchtlich steigen, allein wenn auch die angeführten Zahlen zu klein sind, so läßt sich doch gegen die Möglichkeit einer solchen Folge des Wasserdruckes gar nichts einwenden — was sind im Haushalt der Erde 1000 Fuß? Kaum der 40,000ste Theil ihres Durchmessers.

Es ist von selbst klar und bedarf eigentlich gar keines Beweises, daß, so gut wie das Wasser von unten nach oben drückt, wie vorhin gezeigt worden, so noch viel einfacher ein Druck von oben nach unten stattfindet, vermöge der Schwere, die alle Körper, also auch das Wasser, gegen den Mittelpunkt der Erde treibt. Man benutzt diese Kraft zu den oberschlächtigen Rädern der Mühlwerke. Fig. 491 stellt ein solches dar und zeigt,

Digitized by Google

wie es durch die Rinne einerseits gefüllt wird, während auf der anderen Seite die Kasten, die das Wasser aufnehmen sollen, leer bleiben, weil sie verkehrt stehen, mit der Oeffnung nach unten. Hieraus folgt von selbst,

Fig. 491.

daß sich das Rad, falls es überhaupt beweglich ist, umdrehen müsse, indem die beschwerte Seite nach unten sinkt, sich zwar theilweise ausleert, wie die Figur zeigt, dafür aber auch immer eben so von oben her wieder aufgefüllt wird, dergestalt, daß dieses Uebergewicht immer gleich bleibt. Dieser Ueberdruck allein ist es, der bei oberschlächtigen Rädern fast ganz allein wirkt, die Fällgeschwindigkeit des Wassers hat hier nur einen sehr geringen Antheil, aber unter zwei verschiedenen Umständen kann dieser Druck sehr bedeutend werden, bei einer schwach ausgiebigen Quelle durch Vergrößerung des Rades, wo das gegeringere Gewicht mittelst eines langen Hebels wirkt; es giebt oberschlächtige Räder von 10 Fuß Durchmesser mit Kasten, welche 3 Centner Wasser fassen, also auf einer Seite ein Uebergewicht von 45 Centner bringen, welche gegen einen Hebelarm von dem fünften Theil der Radspeiche (des längeren Hebelarmes) wirken, also eine Kraft von 255 Centner ausüben. Es giebt aber auch Räder von 40 Fuß Durchmesser mit Kasten, die nur einen halben Centner fassen, ihre Größe gestattet jedoch am Umfange 120 Kasten, also sind auf einer Seite 60 Kasten mit 30 Centner Uebergewicht, die auf einem kürzeren Hebelarm von nur $\frac{1}{40}$ des längeren wirken, also eine Kraft von 1200 Centner, d. h. beinahe viermal so viel hervorbringen als die Kasten, welche sechsmal mehr Wasser enthielten. Es wird natürlich bei einer Mühlenanlage darauf ankommen, was die Lokalität gestattet; hat die geringe Wassermasse sehr starken Fall, so ist es leicht, hohe Räder anzubringen, ist ihr Fall gering, so ist nichts damit zu machen; ist umgekehrt die Wassermasse sehr groß, so kann auch beim geringsten Falle viel ausgerichtet werden.

Fig. 492.

Will man nicht das Gewicht, sondern den Stoß des Wassers benutzen, so wählt man unterschlächtige Räder (Fig. 492), bei diesen giebt es keine Kasten, die mit Wasser zu füllen wären, sondern senkrechte Scheidewände, gegen welche das fließende Wasser stößt und sie aus seinem Wege zu vertreiben sucht. Auch hierbei kommt es auf die Länge des Hebelarmes an. Bei sogenannten Schiffsmühlen, welche auf

Digitized by Google

Flüssen vor Anker liegen und nur von dem langsam strömenden Wasser bewegt werden, macht man die Speichen 10 bis 12 Fuß lang (das Rad hat einen Durchmesser von 20 bis 24 Fuß) und giebt den Scheidewänden, auf die das Flußwasser stößt, eine Breite von 6 bis 10 Fuß (auch 20 Fuß kommen vor). Ist dagegen die Bewegung des Wassers rasch, so genügt ein minder hohes und ein bei Weitem weniger breites Rad; in den Gebirgsgegenden der Steiermark, welche außerordentlich reich an rasch fließenden Bächen sind, hat man Sägemühlen zu Hunderten hinter einander an einem einzigen Gebirgsbach, deren Wasserräder bei einer Elle Breite doch nicht mehr als 2 Fuß Durchmesser haben und die man deshalb „Quirl" nennt, in welchem Verhältniß sie wirklich zu ihrem Mühlbau stehen, dennoch treiben diese Quirle ohne irgend ein anderes Räderwerk, nur mittelst des Krummzapfens, der am Ende der Axe sitzt, eine Säge, welche die 3 Fuß dicke Gebirgstanne zu Latten schneidet.

In solchen Fällen kann auch ein oberschlächtiges Rad von sehr kleinem Durchmesser auf ähnliche Weise benutzt werden. Wo die Bäche sich in die Gebirgsschluchten verzweigen und vielleicht nur den fünften, den zehnten Theil der Wassermasse haben als dort, wo sie weiter abwärts sich vereinigt haben, da sieht man Sägemühlen mit oberschlächtigem Rade von 5 Fuß Durchmesser, allein der Bach, welcher nur eine Rinne von 6 Zoll Breite und 3 Zoll Tiefe während seines Sturzes füllt, stürzt in einer sehr steilen Bahn aus 25 Fuß Höhe herab und treibt das kleine und schmale Rad durchaus nicht durch sein Gewicht, sondern nur durch seine Fallgeschwindigkeit um; das Gewicht des Wassers wenigstens kommt nur bei dem bewegten Rade in einigen Betracht und die ohne Stoß gefüllten Schaufeln rücken nicht um einen Zoll aus ihrer Lage, es ist dazu die Wassermenge, welche sie füllt, auch viel zu gering.

Vena contracta.

Beim Ausfluß des Wassers aus Gefäßen bemerkt man manche besondere Eigenthümlichkeiten, auf welche bei Benutzung des Wasserstrahles durchaus Rücksicht genommen werden muß.

Die in Fig. 493 (S. 201) dargestellten Gefäße sind alle mit Oeffnungen versehen, die man, wie wir bereits bemerkt haben, mit „Oeffnung in der dünnen Wand" bezeichnet.

Man sieht bei der ersten Figur links eine Seitenöffnung, bei den beiden anderen sind die Oeffnungen unten. Die Besonderheit besteht darin, daß der Strahl nicht so dick bleibt als die Oeffnung gestattet, sondern sich

Digitized by Google

Fig. 493.

zusammenzieht und dann erst ausbreitet, was man die Vena contracta, die zusammengezogene Ader zu nennen pflegt. Die Verhältnisse haben auf dem kleinen Raum nicht genau genug angegeben werden können, wir wollen sie zur Ergänzung in Zahlen ausdrücken. Von der Ausflußöffnung, wie breit und wie groß sie immer sein möge, zieht sich der ausfließende Strahl sogleich zusammen und er wird so stark und so kurz kegelförmig, daß er, um $\frac{2}{3}$ des Durchmessers der Oeffnung von dieser entfernt, nur noch $\frac{1}{3}$ des Durchmessers der Oeffnung hat. Ist das Bohrloch in der Wand oder in dem Boden einen Zoll im Durchmesser, so verringert sich der Wasserstrahl sofort, bis er, 8 Linien von der Wand entfernt, selbst nur noch 8 Linien im Durchmesser hat.

Von diesem Punkte weiter abwärts verdickt sich der Strahl wieder, aber er ist nicht mehr compact, sondern schon mit Luft, die sich zwischen seine, durch die Schwere sich trennenden Theile drängt, gemischt, so wird der Strahl immer breiter, aber auch immer weniger compact.

Fig. 494.

Die Formen des senkrecht ausfließenden Strahles, wie derselbe aus dem mittelsten Gefäß der Fig. 494 fällt, sind hier dargestellt. Der äußere Anblick wird durch die Zeichnung *a* dargestellt, nachdem sich die Zusammenschnürung gebildet, wird der Strahl eine Strecke lang cylindrisch und sieht wie ein massiver Glasstab aus, nun aber bläht er sich auf, verengert sich wieder, bläht sich wieder auf und verengert sich abermals, bis er sich in Tropfen zertheilt, von da, wo die erste Aufblähung stattfindet, scheint der Strahl hohl zu sein, so daß man glauben möchte, es gehe eine Röhre durch denselben.

Betrachtet man den Strahl genauer, am besten durch das nur momentan währende Licht des elektrischen Funkens erleuchtet, so hat er die Form *b*, man bemerkt nämlich, daß er nicht erst da, wo man mit bloßem Auge seine Auflösung in Tropfen wahrnimmt, sondern schon von der ersten Anschwellung in eine solche Zertheilung übergeht. Die Tropfen sind dicht an einander gereiht, haben aber sehr verschiedene Gestalten, sie sind theils rund, theils platt gedrückt, theils cylindrisch, verwandeln sich selbst während des Fallens, gehen

Digitized by Google

aus einer Form in die andere, so daß der oberste Tropfen, wenn er bis zu der ersten dünnen Stelle gelangt, alle die Formen durchgegangen ist, welche die Zeichnung giebt, von da abwärts fallend wieder aus der cylindrischen Form in die mehr gerundete, kugelige, sphäroidische und endlich ganz breit gedrückte Form übergeht. Dies giebt die abwechselnden Schnürungen und Erweiterungen; scheinbar hohl ist der ganze Wasserstrahl dadurch, daß zwischen jedem der großen, ihre Form ändernden Tropfen und dem nächstfolgenden ein kleiner runder, sich immer gleich bleibender Tropfen fällt.

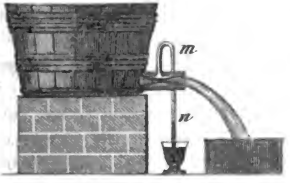
Da die Verwandlungen sehr schnell auf einander folgen, so machen sie nicht den Eindruck der Fig. *b*, sondern den von *a*, das Auge hat nicht Zeit, jeden einzelnen Tropfen zu unterscheiden, vom anderen zu trennen; um dies zu bewerkstelligen, betrachtet man solchen Wasserstrahl durch ein Fernrohr im elektrischen Lichte. Man ordnet Alles zu dem Versuche an und setzt denselben in's Werk. Nun verfinstert man das Zimmer und hütet sich wohl, an irgend etwas zu rühren, um das Fernrohr nicht aus seiner Lage zu bringen, dann läßt man starke Funken aus dem Conductor einer großen Elektrisirmaschine gegen einen dargebotenen Leiter schlagen, diese Funken verbreiten ein lebhaftes Licht, aber immer nur auf den zehnmillionsten Theil einer Secunde; so wie die Sachen in diesem Moment stehen, so sieht man dieselben und dadurch hat man die Theilung des Strahles entdeckt.

Savart, dem man diese Versuche verdankt, hat noch eine höchst merkwürdige Thatsache entdeckt: wenn man den Strahl *a* betrachtet und während dessen einen lang gehaltenen kräftigen Ton auf der Geige angiebt, so verkürzen sich alle die angeschwollenen Stellen, scheinen gewissermaßen kraus zu werden und erhalten die Form der Zeichnung *c*. Eine gute Geige bringt diese Wirkung auf den Strahl in einer Entfernung von 60 Fuß hervor. Es kann dies als eine Probe auf das Exempel angesehen werden, als ein Beweis, daß die erweiterten und verengerten Stellen wirklich aus Tropfen bestehen, die in rascher Folge, immer aber mit zwischengeschobenen Lufttheilchen hinter einander herlaufen. Auf solche hat die durch einen continuirlichen Ton continuirlich erschütterte Luft einen unabläugbaren Einfluß. Wo der Strahl compact ist, wie zunächst des Gefäßes, findet eine solche Veränderung des Strahles nicht statt.

Eigenthümlich ist, daß auch in einem Rohre die Vena contracta sich ausbildet. Wenn z. B. bei Fig. 495 (S. 203) das große Wassergefäß ein solches Ansatzrohr hat, aus welchem der Strahl frei springt, so bildet sich im Innern desselben die zusammengezogene Ader, was man theils sehen kann, wenn das Rohr von Glas ist, theils auch auf eine andere Weise darthun kann und zwar wie die Figur 495 zeigt. Dort, wo nach der

Digitized by Google

Fig. 495.



Berechnung die Vena contracta liegen muß, bohrt man eine Oeffnung und verschließt dieselbe luftdicht durch ein gekrümmtes Glasrohr *mn*, welches in ein Gefäß mit Quecksilber taucht.

Wenn nun, wie vorausgesetzt wird, das Gefäß voll Wasser ist und man zieht den Schieber, der die untere Oeffnung schließt, hinweg, so sollte das Wasser nicht allein aus der breiten Mündung des Rohres fließen, sondern es sollte auch die heberförmige Röhre füllen und durch diese einen Theil des Inhaltes entladen, statt dessen steigt in eben dieser Röhre das Quecksilber bis *n* empor, als ob in der Röhre die Luft verdünnt werde, was nur dadurch geschieht, daß der Strahl sich zusammenzieht, wie die Fig. 495 zeigt und dadurch rund um denselben ein luftleerer Raum entsteht, in welchen ein Theil der Luft aus der Röhre *mn* sich ergießt.

Wenn man die Ausflußöffnung so gestaltet, wie die Vena contracta sich selbst bildet, so füllt das Wasser diese Röhre ganz aus. Hiernach muß man auch die Menge des Wassers berechnen, welches eine Oeffnung von gewisser Größe bei einem bestimmten Druck liefert, es ist immer nur der Durchschnitt der zusammengezogenen Ader, welcher mit fließendem Wasser gefüllt ist. Wenn man Jemanden die Benutzung einer Wasserleitung nach der Oeffnung verkauft, so kann dieser um $\frac{1}{3}$ mehr Wasser bekommen, als ihm zugestanden ist, wenn er das Ausflußrohr konisch gestaltet und der verengerten Stelle die Weite der Oeffnung giebt, welche ihm zugestanden worden ist. Wenn eben diese Oeffnung in der dünnen Wand wäre, so würde er nur $\frac{2}{3}$ des Zuflusses haben, der aus derselben Oeffnung fließt, wenn ihre Form der zusammengezogenen Ader entspricht.

Läßt man Röhren von verschiedenen Formen an die Oeffnungen setzen, so modificirt sich die Ausflußmenge darnach; gehen die Röhren senkrecht nieder, so befördern sie den Ausfluß, indem die längeren schon aus dem Gefäße getretenen Theile der Flüssigkeit in einen rascheren Fall gerathen und die später gekommenen nach sich ziehen, vermöge der Cohäsion der Theile der Flüssigkeit unter einander; werden dagegen die Röhren sehr lang, so verzögern sie wieder den Ausfluß, weil hier die Reibung, d. h. die Adhäsion des Wassers an den Wänden der Röhre der Beförderung durch den Fall Widerstand leistet.

Beim Aufwärtssteigen des Wassers werden Ansatzröhren so viel wie

Digitized by Google

möglich vermieden, den Wasserstrahl läßt man gern und am vortheilhaftesten aus der Oeffnung in der dünnen Wand steigen, beabsichtigt man jedoch Wasserkünste zu bilden, so werden einem compacten Strahl gegenüber Metallplatten von sehr verschiedener Form befestigt, an denen der Strahl sich bricht. Eine besondere Merkwürdigkeit tritt hier dem Physiker entgegen: er ist gewohnt zu sehen, daß elastische Körper beim Stoß gegen irgend einen elastischen Gegenstand unter demselben Winkel zurückgeworfen werden, unter welchem sie auf den anderen treffen. Bei den Flüssigkeiten ist dies durchaus nicht der Fall. Ein Wasserstrahl, der auf eine Wand schräg auffällt, springt nicht unter demselben Winkel zurück, sondern er läuft längs der Wand fort, bis die Schwere seine Richtung verändert. Trifft der Strahl auf einen runden Stab, so springt er nicht zurück wie ein Ball, sondern er *umschlingt* den Stab, stößt ein Strahl senkrecht auf einen Gegenstand, so breitet er sich nach allen Richtungen darauf aus.

Den Laien befremden diese Erscheinungen nicht, er sieht dieselben und denkt, es müsse so sein, der Physiker weiß, daß die Flüssigkeiten höchst elastisch sind, sie sollten, mit anderen Körpern in Berührung kommend, denselben Gesetzen folgen, wie die elastischen Körper überhaupt und da er dieses nicht findet, sucht er nach der Ursache der Unregelmäßigkeit. Wo sitzt sie denn? *Savart* sagt in der Viscosität, in der Leimigkeit, Klebrigkeit zwischen festen und flüssigen Körpern und ferner bei dem Stoß flüssiger Körper auf feste wirken drei Kräfte und diese bestimmen die Formveränderung des Wasserstrahles, die Stoßkraft, die Viscosität und die Schwere. Warum hier eine neue Kraft, diese Leimigkeit eingeführt wird, ist schwer zu sagen, wir Deutsche nannten dies Jahrhunderte hindurch Adhäsion, die Franzosen aber lieben es, neue Namen zu erfinden und sich mittelst dieser Mühe für die Erfinder neuer Thatsachen oder neuer Theorien zu halten; so ist es auch hier gegangen, *Savart* hat über bedeutende Mittel zu verfügen und hat in der Lehre vom Klange vieles geleistet, was sehr bedeutend ist, allein mit seiner Viscosität ist so wenig erklärt als mit unserer Adhäsion, die ganze Hypothese zerfällt auch dadurch schon in nichts, daß bei luftförmigen Körpern, bei denen die Leimigkeit schwer nachzuweisen sein dürfte und zwischen zwei Strahlen von Luft oder Wasser Gleiches stattfindet.

Wenn man nämlich zwei Wasserstrahlen senkrecht gegen einander richtet und beide gleiche Mengen Wasser mit gleicher Geschwindigkeit auswerfen, so wirkt jeder der beiden Strahlen auf den anderen, wie eine feste Wand; laufen die beiden Wasserstrahlen horizontal, so erhält man eine senkrecht stehende Scheibe von Wasser, laufen beide Strahlen vertical, der eine auf-

Digitized by Google

wärts, der andere abwärts, so erhält man eine horizontal liegende Scheibe, immer aus dem Wasser beider Strahlen bestehend.

Ganz dasselbe findet mit Luftstrahlen statt. Man wird einwenden, daß es schwer sichtbar zu machen sein dürfte, daß Luft sich eben so verhält, weil Luft eben nicht sichtbar ist und man hat hierin auch scheinbar Recht, allein man macht die Versuche mit brennbaren Gasen oder mit solchen, die eine Farbe haben wie Tabackrauch.

Wenn man in zwei Flächen, die einen Winkel gegen einander machen V, kleine Oeffnungen bohrt und mit diesen Flächen eine Leuchtgasröhre schließt, so daß nirgends sonst Gas entweichen kann, als aus diesen beiden Oeffnungen, so wird die geschickte Hand des Mechanikers die Bohrungen so leiten können, daß die Strahlen nach einem sehr kurzen Wege auf einander treffen. Alsbald dient einer dem anderen zur Stütze, gewissermaßen zur flachen Wand, um sich daran auszubreiten. Zündet man nun dieses Gas an, so sieht man die Form, welche die beiden Strahlen sich gegenseitig geben durch den Stoß, den sie auf einander ausüben; es ist die Form, welche in der Terminologie der Gasbeleuchtungs-Anstalten „der Fischschwanzbrenner" heißt, weil eine gewisse Aehnlichkeit mit der Form der Schwanzflosse eines Fisches vorhanden ist.

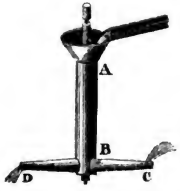
Durch verschiedene Richtung der Strahlen gegen einander und durch verschiedene Stärke derselben kann man eine Menge sehr hübscher Formen sowohl für Wasser als für Gasflammen hervorbringen, allein auf die Erklärung des Phänomens wollen wir uns nicht einlassen.

Das Wasser übt einen Druck aus, welcher nach allen Seiten des einschließenden Gefäßes ganz gleich ist, und, wie wir bereits gesehen haben, der Höhe der Wassersäule entspricht, welche über der gedrückten Stelle steht. Sobald man aber in der Seitenwand eines Gefäßes eine Oeffnung macht, so hört an dieser Stelle in dem Augenblick, da das Wasser ausfließt, der Druck plötzlich auf. War ein solches Gefäß an einem Faden aufgehängt und war es ganz in Ruhe, weil es, den Gesetzen der Schwere folgend, senkrecht hing, so hört dies Gleichgewicht sofort auf, wenn man eine Oeffnung in einer Seite bohrt. Rundum findet ein gleichmäßiger Druck daher statt, weil zwei einander gegenüberliegende Punkte sich das Gleichgewicht halten, das Ganze in Ruhe ist. Der Punkt aber, dem gegenüber die Oeffnung gemacht worden, findet dieser Oeffnung wegen sein Gleichgewicht nicht, dahin, wo also der Druck noch stattfindet, der gegenüber aufgehoben ist, wird das Gefäß getrieben werden, es wird schief hängen durch die rückwirkende Kraft.

Auf dieser Rückwirkung beruht die Segner'sche hydraulische Maschine.

Digitized by Google

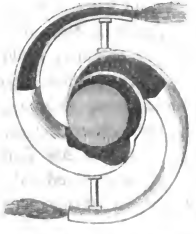
Fig. 496.



AB ist ein hohler Cylinder unten und oben mit einer Axe versehen, um welche er sich drehen kann. Oben erweitert sich der Cylinder in einem Trichter, durch welchen aus einer Rinne so viel Wasser zufließen kann, daß der Cylinder immerfort gefüllt bleibt. Tief unten, dicht über der Axe, hat das Rohr zwei oder beliebig viel Arme D und C, sie stehen mit dem Hauptrohr in Verbindung. Am Ende der Arme sind Löcher eingebohrt, am besten wohl, wenn die kleine Maschine zur Demonstration dienen soll, in fingerhutartigen Kapseln, die man auf die Arme C und D setzen kann, wodurch man den Vortheil hat, die Oeffnung stellen zu können, wie man irgend will.

Stellt man die Oeffnungen so, daß sie nach oben sehen, so erhält man zwei Fontainen, welche sich nach der Höhe der Säule richten, stellt man beide abwärts, so erhält man fallende Wasserstrahlen, geht aber eine der Oeffnungen nach rechts, die andere nach links (z. B. in der vorliegenden Zeichnung D nach vorn und C nach hinten), so dreht sich augenblicklich der Cylinder und zwar je nach der Höhe der Wassersäule in AB mit mehr oder minderer Geschwindigkeit. Hat die Maschine sechs Arme und man stellt sie so, daß immer zwei Arme einander entgegen springen, so steht sie still, laufen aber alle Strahlen gleichmäßig, so wird die Wirkung sehr lebhaft.

Fig. 497.



Man kann natürlich dieser Maschine eine andere Form geben, wie z. B. Fig. 497, da denn das Wasser aus den gebogenen Röhren noch besser fließt und eine noch stärkere Wirkung hat. Auch hier strömt das Wasser durch einen starken und möglichst hohen Cylinder, den man sich aufrecht stehend auf der Fläche der Zeichnung denken muß, ein und giebt, indem es aus den Armen ausströmt, diesen eine rückwärts gehende Bewegung. So im Großen ausgeführt heißt das Instrument Turbine und es wird mit großem Vortheil zu Mühlenwerken, zum Betriebe starker, Kraft fordernder Maschinen gebraucht, wenn man nur über wenig Wasser, aber mit hohem Fall disponiren kann. Sehr bequem ist dabei auch der geringe Raum, den eine Turbine einnimmt, im Vergleich zu einem oberschlächtigen Wasserrade.

Digitized by Google

Heben von Flüssigkeiten.

Das Wasser fließt von selbst abwärts, aufwärts dagegen muß es immer durch eine äußere Kraft gehoben werden. Eine der gewöhnlichsten Hebemaschinen für Wasser ist die Pumpe, da ihre Hebekraft jedoch mit den Gesetzen des Luftdruckes zusammenhängt, so kann derselben hier noch nicht erwähnt werden, dagegen giebt es andere Maschinen, welche direct schöpfen und auf solche Weise heben.

Die Baggermaschinen gehören hierher. Wie eine Garnwinde gestattet einen Strang Garn über eine obere und eine untere Rolle zu hängen, sie mögen nun senkrecht unter einander stehen oder nicht, so legt man auch zwei parallel laufende Ketten, an denen eine Menge Eimer hängen, über zwei Cylinder, deren einer in Wasser taucht, welches geschöpft werden soll, der andere aber so hoch angebracht ist, als man meint, daß man die gefüllten Eimer wird heben können.

Beim Drehen der oberen Rolle gehen die leeren Eimer abwärts, tauchen unter die unten befindliche Walze, und heben sich auf der anderen Seite gefüllt empor. Oben angelangt, biegen sie sich um und gießen ihren Inhalt in eine denselben auffangende Vorrichtung, und gehen darauf leer auf der anderen Seite wieder hinab, um abermals gefüllt herauf zu kommen.

Statt solcher hängender Eimer oder Becken hängt man auch wohl die Eimer an ein großes Rad, und ist so im Stande das Wasser um die ganze Höhe des Durchmessers dieses Rades zu heben.

Die Reisfelder in China werden auf keine andere Weise bewässert. An leichten Rädern, aus Bambusrohr gemacht, geflochten, möchte man sagen, sind schräg stehende Stücke desselben Rohres von möglichst weitem Durchmesser befestigt. Beim Drehen des Rades tauchen sie unten in ein fließendes Wasser und wirken, zum Theile dadurch allein gedreht (bei stehendem Wasser findet die Drehung statt durch die Kraft eines Menschen), die Rohrstücke sind die Eimer, sie haben eine solche Stellung, daß sie, unten in das Wasser eintauchend, schöpfen, und oben anlangend, ihren Inhalt in eine Rinne ausgießen.

Eine sehr wirksame Art Wasser in Menge zu heben, liegt in den sogenannten Paternosterwerken. Wie bei der zuerst beschriebenen Maschine läuft eine Kette über zwei Rollen, statt der Eimer aber sind daran Kugeln mit Leder oder mit Filz überzogen, von Fuß zu Fuß angebracht, welche genau ein inwendig recht glattes Metallrohr ausfüllen. Dasselbe steht um die Entfernung zweier Kugeln von einander im Wasser, die beim Drehen der Rolle unten eintretende Kugel schiebt dieses Wasser vor sich her, unterdessen füllt hinter dieser Kugel sich der leere Raum mit Wasser, sobald

Digitized by Google

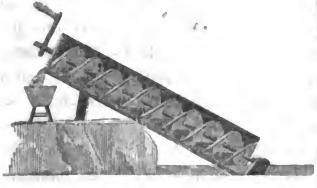
dies geschehen, kommt eine zweite Kugel und nimmt die frisch eingetretene Wassermasse mit sich, der Vorgang wiederholt sich ununterbrochen, so lange die Rollen gedreht werden, über denen das Paternoster hängt. Ganz oben endlich, wo die Röhre zu Ende ist, befindet sich ein Ausschnitt mit einer Rinne, der das bis dahin geschobene Wasser ausströmen läßt.

Bis wie hoch das Wasser gehoben werden soll, das hängt von der guten Beschaffenheit der Kugeln und des Rohres, ferner von der Kraft ab, über welche man zur Hebung zu gebieten hat — das Erstere betreffend, so wird man bei gutem Schluß der Kugeln, innerhalb der Röhre, nur einen sehr geringen Verlust an zwischen den Wänden des Cylinders und der Kugel herabsinkendem Wasser erleiden (findet ein solches Anschließen nicht statt, so ist natürlich der Verlust größer, ja vielleicht so groß, daß die Wirkung sehr unbedeutend wird) und daher das Wasser zu sehr bedeutenden Höhen erheben können, allein je besser der Verschluß ist, desto stärker ist auch wieder die Reibung der vielen Kugeln an dem hohlen Rohr, endlich aber ist das Gewicht der ganzen Wassersäule zu berücksichtigen, und dies setzt dem Gebrauche solcher Maschine ein Ziel; es kommt dabei auf die Weite des Rohres und auf die senkrechte Höhe desselben an, da kann denn leicht die vorhandene Kraft überboten werden.

Wenn man Windmühlen oder wenn man hinlängliche Wasserkraft zur Betreibung solcher Werke hat, so kann man allerdings viel leisten, die Niederungen der Weichsel, die Niederungen des Rheins in Holland werden auf solche Weise durch Windmühlen trocken gelegt.

Eine vortreffliche Wirkung hat auch die sogenannte archimedische Schraube, wovon Figur 498 einen Durchschnitt giebt. Es ist ein cylindrisches Rohr, in dessen Innerem eine Spirale luftdicht verläuft, so daß ein jeder Gang, wie der einer Schraube, vom anderen vollständig geschieden ist. Steht der untere Theil ganz im Wasser und wird der Cylinder nunmehr gedreht (welches dadurch möglich ist, daß seine Axe oben und unten in Lagern läuft, und eine Handhabe die Drehung ermöglicht), so wird bei jeder Wendung des Rohres ein Gang der Schraube mit Wasser gefüllt, das Wasser nimmt immer den tiefsten Raum der Schraubengänge ein, da demselben aber unaufhörlich eine andere Fläche untergeschoben wird, so steigt es (d. h. wird es gehoben) und fließt endlich oben aus, wie die Fig. 498 zeigt.

Fig. 498.



Digitized by Google

Dieser Apparat wäre unübertrefflich, wenn er nicht in der Biegung des langen Rohres und in dem Winkel gegen die Wasserflächen (welcher Winkel immer spitz sein muß) seine ziemlich engen Gränzen fände.

Schwimmen. Schweben.

Die Franzosen, so arm ihre Sprache ist im Vergleich mit der deutschen, haben doch dann und wann einen Ausdruck, der unserer Sprache fehlt, so ist es mit dem Worte Schwimmen, neben welches hier das Wort Schweben gesetzt ist, zum Unterschiede von Schwimmen, wie der Mensch, das Thier es thut, welches Wort aber eine ganz andere Bedeutung hat, als der Verfasser hier demselben unterlegt — er meint nämlich, das Schwimmen des todten Körpers — eines Stückes Holz, eines Apfels, eines Kahnes. Die französische Sprache unterscheidet nager von flotter, das erstere thut der Mensch, das andere geschieht mit dem Holze. Das erstere ist eine Geschicklichkeit, das andere eine Eigenschaft, das erstere fordert eine Kraftanstrengung, das andere geschieht von selbst, denn es fordert nur geringes specifisches Gewicht. Das Stück Holz schwimmt, sagen wir, auch der Lateiner hat den Unterschied nicht: nos poma natamus, sagt der Pferde-Apfel zum Borsdorfer Apfel, das Stück Holz thut aber nichts zu seinem Schwimmen, es schwebt aber auch nicht, das thut der Luftball, wenn er emporsteigt, und würde er bis an die Grenze des Luftkreises gelangen und etwa auf der Atmosphäre ruhen, wie das Schiff auf dem Meere, dann würden wir sagen müssen, er schwimmt — dieses Schwimmen nun, welches wir nicht mit der Thätigkeit verwechseln wollen, die der Mensch ausübt, wenn er den Strom theilt, ist der Gegenstand der nachfolgenden Betrachtung.

Wenn ein Körper ein geringeres specifisches Gewicht hat, als die Flüssigkeit, in welche er gebracht wird, so sinkt er darin unter, bis zu einer solchen Tiefe, daß die Menge der Flüssigkeit, welche er verdrängt, gerade so viel wiegt, als der ganze Körper wiegt, welcher zum Theil in der, zum Theil über der Flüssigkeit ist.

Wie tief der Körper dabei einsinkt, dies kommt auf sein specifisches Gewicht an; Wachs wird beinahe ganz, Eichenholz zu drei Viertheilen, Tannenholz zur Hälfte, Kork nur zum achten Theile in Wasser einsinken. Im Quecksilber versinkt eine eiserne Kugel zur Hälfte, und eine Kugel von Marmor verhält sich dagegen wie der Kork gegen das Wasser.

So ist es mit allen Flüssigkeiten gegen alle feste Körper, das specifische Gewicht entscheidet immer; wenn Wachs auf dem Wasser schwimmt,

Digitized by Google

weil er um ein Geringes leichter ist als Wasser, so wird er in Weingeist oder in Oel einsinken, weil er um ein Geringes schwerer ist als diese Flüssigkeiten, bringt man die Wachskugel aber auf Salzwasser, so wird sie höher aus demselben herausstehen, wie im Wasser geschah, ein Ei sinkt im Wasser unter und schwimmt auf einer Salzlösung, deshalb man hiermit das Kunststück machen kann, als ob man eine Flüssigkeit genau so dicht gemacht hätte, wie einen anderen Körper (das Ei nämlich). Man bringt es auf eine concentrirte Salzlösung, worauf es schwimmt, und gießt hierauf sehr behutsam süßes Wasser zu; dieses breitet sich über dem Salzwasser aus, bedeckt nach und nach das Ei, und dasselbe scheint mitten in der Flüssigkeit zu schweben. Dies findet jedoch in der That nicht statt, es schwimmt auf dem Salzwasser, und sobald man dasselbe mit dem süßen Wasser mischt, durch Umrühren, sinkt entweder das Ei unter, wenn die Salzlösung dadurch zu schwach wird, oder es steigt ganz nach oben, wenn sie, trotz der Verdünnung, noch concentrirt genug ist, um das Ei zu tragen. Es muß nicht gerade ein Ei sein zu diesem Experiment, auch ein Wachsstock oder eine Kugel von Buchsbaum ist brauchbar, nur muß man auf das Salzwasser nicht süßes Wasser, sondern Weingeist gießen, weil beide Körper auch auf reinem Wasser schwimmen.

Die verschiedene Tragekraft verschiedener Flüssigkeiten spricht sich im Großen, in der praktischen Anwendung, noch viel stärker aus als beim Experimentiren im Kleinen. Ein Schiff wird im Flusse beladen, bis es zu der für seine Sicherheit gehörigen Tiefe einsinkt — und kommt es in das Meer, sofort erhebt es sich, je nach seinem Tiefgange um einen oder mehrere Fuß, und es muß die nöthige Belastung ihm auf sogenannten Lichterschiffen nachgeführt werden. Umgekehrt langt es so beladen vor dem Hafen an — jetzt kann es aber nicht in den Fluß (Elbe, Weser, Weichsel) einlaufen, es muß erleichtert werden, Schiffe kommen ihm entgegen und nehmen ihm einen Theil seiner Last ab, es steigt um mehrere Fuß über seinen früheren Stand im Meerwasser — jetzt geht es in den Fluß — da sinkt es wieder so tief wie vorher, denn es kommt in ein specifisch leichteres Element.

Es ist bei diesem Schwimmen auf dem Wasser durchaus nicht nöthig, daß der schwimmende Körper wirklich specifisch leichter sei, als die Flüssigkeit, worauf er schwimmt, wenn seine Gestalt nur so ist, daß er dadurch geeignet wird, ein großes Volumen Wasser (wir wollen dies Wort immer statt des allgemeineren „Flüssigkeit" brauchen, und uns vorstellen, daß alles dasjenige, was für Wasser, die wichtigste und am allgemeinsten verbreitete Flüssigkeit, gilt, auch für alle anderen Geltung habe) zu verdrängen, so daß

Digitized by Google

das verdrängte Waſſer mehr als der Körper wiegt — dann wird er jederzeit ſchwimmen. Porzellan iſt ſchwerer als Waſſer, ſenkt man einen tiefen Porzellanteller mit einer Kante in das Waſſer, ſo geht er vollſtändig darin unter, ja er würde ſo nicht ſchwimmen in der concentrirteſten Schwefelſäure, obwohl ſie doppelt ſo ſchwer iſt als Waſſer, denn er iſt dreimal ſo ſchwer als dieſes.

Setzt man den Teller aber flach auf das Waſſer, ſo wie er auf den Tiſch geſetzt wird, ſo ſchwimmt er und kann, wie ein Schifflein, noch eine Laſt in ſich aufnehmen. Iſt es nicht ein Teller, ſondern ein tiefes Gefäß, eine Porzellan-Terrine, ſo wird ſie eine im Verhältniß zu ihrer Räumlichkeit ſehr große Laſt tragen können, ehe ſie bis zum Untergehen in das Waſſer einſinkt.

Darum iſt es gar nicht nöthig, daß das Schiff von Holz ſei, auf dem Unterſchiede der ſpecifiſchen Gewichte von Holz und Waſſer beruht die Tragekraft gar nicht, ſondern auf ſeiner Form — wäre das erſtere der Fall, ſo würde das Schiff nicht mehr tragen als das Floß, d. h. noch ein Viertheil ſeines Gewichtes, wogegen es das Zehnfache ſeines eigenen Gewichtes zu tragen vermag, weil es durch ſeine Höhlung dem Waſſer eine ſo große räumliche Ausdehnung darbietet, daß ſein ſpecifiſches Gewicht ganz außer Betracht kommt, daher man mit großem Vortheil Schiffe ganz aus Eiſen baut, Rippen, Planken, äußere und innere Bekleidung durchaus von geſchmiedetem Eiſen, auch die verſchiedenen Decke und die Balken, worauf ſie ruhen, nicht minder, nur die Wohngemächer, die Cajüten ſind mit Holz getäfelt an Wänden und Böden.

Dennoch trägt ein ſolches eiſernes Schiff größere Laſten als ein äußerlich gleich großes von Holz, denn erſtens iſt der innere Raum bedeutend größer, als bei dem hölzernen, weil die ungeheure Balkenmaſſe, aus der das Gerippe des Schiffes beſteht, wegfällt, und durch Eiſenſtangen von ſehr geringen Dimenſionen erſetzt iſt, und zweitens, weil die Geſammtmaſſe des Eiſens wirklich weniger wiegt als das Holz. Hat man ſtatt 3zölliger Eichenbohlen Eiſenplatten von $\frac{1}{4}$ Zoll, ſo wiegen dieſe bei gleichem Flächenraum noch nicht $\frac{2}{3}$ des Holzes; genügt ſtatt eines eichenen Balkens von 144 Quadratzoll Querſchnitt ein eiſerner Balken von 8 Quadratzoll, ſo wiegt der eiſerne bei gleicher Länge nicht viel über $\frac{1}{3}$ des hölzernen, aber der Balken von Eiſen iſt trotz deſſen noch beträchtlich ſtärker als der hölzerne.

Die Tragekraft eines jeden Schiffes kann man aber aus ſeinem Inhalt leicht berechnen. Man ſieht wie tief das leere Schiff im Waſſer geht, mißt von dem Waſſerſpiegel an, ſenkrecht an der Schiffswand hinauf, die

Digitized by Google

Entfernung von dem Wasser zu der Linie, bis zu welcher das Schiff eintauchen darf, und man multiplicirt nun den äußeren Flächenraum, in Quadratfußen ausgedrückt, den das Schiff im Wasser einnimmt, mit der Höhe in Fußen ausgedrückt, so erhält man erstens hieraus die Anzahl der Cubikfuße, welche noch vorhanden sind zum Nutzeffect, zweitens auch das Gewicht, welches dieser Raum fordert, um gefüllt zu werden, d. h. das Gewicht, welches nöthig ist, den Schiffskörper so weit herunter zu drücken.

Die Zahl der Kubikfuße multiplicirt man nämlich mit der Zahl der Pfunde, welche ein Kubikfuß Wasser enthält, der Preußische Kubikfuß Wasser hat 66 Pfund.

Das Tragevermögen eines Körpers also, nachdem sein eigenes Gewicht bereits abgezogen worden, ist gleich dem Gewichte Wasser, welches er noch verdrängen kann bei weiterem Untertauchen. Darum kann ein Balken von Eichenholz weniger tragen als ein gleich großer von Tannen- oder gar von Pappelholz, darum trägt Korkrinde noch mehr, darum trägt eine mit Luft gefüllte Blase noch mehr, so wendet man auch zu Flößen das Tannenholz an und so füttert man das leichte und überall offene Gerippe eines Rettungsbootes, zu welchem dem Wasser überall Zutritt gelassen wird, weil es von der nächsten Welle doch voll gegossen sein würde, an seinem oberen breiten Kranze überall mit Kork, bis zu diesem sinkt es von selbst ein, aber noch zehn Ruderer und noch zwanzig aus dem Schiffbruch gerettete Menschen bringen es nicht zum Untersinken, weil der Kubikinhalt des Korkes so groß ist, daß die dadurch verdrängte Wassermasse 40 bis 50 Centner wiegt, weshalb das Boot so viel tragen kann.

Ein Mensch schwimmt beinahe von selbst im Flußwasser, jedenfalls im Seewasser, sobald er über einen Gürtel von Kork, nur ¼ Kubikfuß Inhalt habend, unter seinen Achseln um den Körper geschlungen hat, so kann er nicht untergehen, selbst wenn er gern wollte. Ertrinken kann er auch freilich ohne unterzugehen, wenn der Schwimmgürtel an einer falschen Stelle sitzt. Dies führt uns auf die richtige Unterstützung des Schwerpunktes. Ein jeder Körper, wenn er in's Wasser gebracht wird, scheint sich eine Lage auszusuchen, in welcher er es recht bequem hat, sobald er diese Lage gefunden, wiegt er sich einige Male darin hin und her, bis sie ganz ausgeglichen ist mit dem umgebenden Wasser, und dann erst steht er stille; ein Balken, ein Stock, ein Brett senkrecht in das Wasser gebracht, legt sich um und sucht seine flachste Seite nach oben zu bringen, ein Stock, der gekrümmt ist, zeigt immerdar seine ganze Krümmung, ein Tonnenreifen schwimmt nie in der Lage, in welcher der Reif am Rade steht, sondern immer liegend, nur wenige, ganz regelmäßige Körper, Kugeln, Würfel, Te-

Digitized by Google

traeder, Octaeder, Polyeder, schwimmen auf allen Seiten und in allen Lagen gleich gut, die anderen, aus der Lage ihres stabilen Gleichgewichts gebracht, schlagen um.

Dies hat bei einer Stange, einem Brett, nicht viel zu sagen, allein der Mensch führt Bauten, für das Wasser bestimmt, aus, bei denen dies sehr viel zu sagen hat. Man verlangt von einem Kahn, Boot, Schiff, daß es in einer ganz bestimmten Stellung schwimme und man vertraut ihm, auf die Festigkeit und Sicherheit in dieser Stellung bauend, das Leben von Tausenden von Menschen an. Wenn diese sichere Stellung nicht vollkommen sicher ist, so ist das Leben aller dieser Menschen und das Besitzthum Anderer, die ihre Habe darauf gegeben, in steter Gefahr, und es giebt leider Fälle, in denen solch ein Umschlagen vorkommt, wenn die Ladung nicht gleich vertheilt ist, wenn der Schwerpunkt des Schiffes nicht tief genug unter dem Wasserspiegel liegt. Alle unbeladenen Schiffe befinden sich in dem Zustande der Gefahr, denn bei ihnen ist die Stelle des Schwerpunktes nicht die richtige, solche Schiffe dürfen wohl ruhig im Hafen liegen, aber nicht die Heimreise antreten, um dies zu können, müssen sie nothwendig eine Ladung einnehmen, wenn es auch nur eine solche ist, die zum Aerger der Zollofficianten nicht auf ihrem Tarif steht, nämlich Ballast.

Die Kriegsschiffe, welche nicht auf das Einnehmen von Waaren angewiesen sind, und welche doch einen gewaltigen hohlen Raum haben, zugleich aber eine sehr schwere Last an der allerungünstigsten Stelle, nämlich die Kanonen sämmtlich über Wasser, bis auf 20 Fuß und mehr über dem Spiegel der See, würden deshalb stets in der Gefahr des Umschlagens sein, sobald zufällig ein umspringender Wind die Segel seitwärts faßte, wenn dawider nicht gesorgt wäre durch eine sehr starke Ladung von Eisen oder Blei, welche zur Ausrüstung des Schiffes gehörig, stets in dem untersten Raume, längs des Kieles, verpackt und durch Klammern befestigt, für immer oder wenigstens für die Dauer des Schiffes liegt.

Welcher Gefahr, selbst im friedlichen Hafen vor Anker ruhend, ein Schiff ausgesetzt ist, davon ist der „Royal Georg", in der Themse, ein schreckliches Beispiel. Das mächtigste Kriegsschiff der brittischen Marine war von einem Siegeszuge gegen die französische Marine zurückgekehrt und befand sich in der Mündung der Themse, den schützenden Forts gegenüber, mit dem die üblichen Begrüßungen gewechselt waren, vor Anker. Ein lustiges, reges Treiben war auf dem Schiffe; die vornehme Welt von London war stark vertreten, zahlreich hatten die Großwürdenträger des Reiches, hatten Lords und Lady's sich eingefunden, ein solennes Mahl war in der an sich prächtigen, zu dem Empfang noch besonders geschmückten Capitains-

Digitized by Google

cajüte eingenommen worden, der große Empfangssaal derselben faßte vielleicht hundert vornehme Männer, indeß — da das Mahl beendet war, die Damen auf dem Verdeck umher spazierten und sich an den Spielen der lustigen Matrosen ergötzten, welche so schöne Gesellschaft und in so großer Menge selten um sich versammelt sahen. Während die Herren nach englischer Sitte oder Unsitte sich des Weines im Ueberflusse erfreuten (weshalb die Damen eben immer den Saal verlassen, wenn es an die Flasche geht), erhob sich ein leiser Südwind, die Flaggen, mit denen zu Tausenden die Raaen und die Segel geschmückt waren, flatterten lustig, und das heitere Schauspiel fesselte Aller Aufmerksamkeit, so daß selbst die sonst furchtsamen Damen es kaum beachteten, daß der gewaltige Coloß sich langsam im Winde neigte.

Plötzlich verkündete ein das ganze Gebäude erschütterndes Rollen irgend etwas Ungewöhnliches — es folgte diesem kaum secundenlangen Donner ein furchtbarer Stoß oder Ruck, und das Schiff legte sich, durch den Wind geneigt, ganz um, die Stückpforten schöpften Wasser, welches in breiten Strömen gleichzeitig durch zwanzig halbklaftergroße Schleusenthore einströmte, worauf ein rapides Sinken des Schiffes eintrat. Die Männer stürzten aus dem Speisesaal, die Officiere ertheilten die widersprechendsten Befehle, Niemand dachte daran irgend einen derselben auszuführen, und in wenigen Minuten war von dem stolzen Schiffe nichts mehr zu sehen als die drei Mastspitzen, rund umher aber rangen Hunderte von Männern und Frauen mit den Wogen; ein großer Theil wurde gerettet, die bei weitem größere Anzahl lag mit dem Schiffe 60 Fuß tief unter der Fläche des Wasserspiegels.

Der Grund dieses entsetzlichen Ereignisses war folgender: Zu den Salutschüssen, und um den Toasts den nöthigen Nachdruck zu geben, waren die Geschütze verschiedene Male gelöst worden, ganze Lagen hatte man gegeben zum Entsetzen der Damen und zur großen Freude der Herren über deren Schrecken. Hierzu mußten die sämmtlichen Geschütze, welche sonst durch Seile dicht an den Stückpforten befestigt sind, losgebunden werden, wodurch sie einen Spielraum von etwa 10 Fuß zum Rücklauf erhalten.

So befreit von ihren Banden und beweglich auf ihren kleinen Rädern lagen die schweren Kanonen da, als ein leichter Wind die hohen Masten, Flaggen und Segel faßte und neigte, dies hat nun, wenn alles fest steht, nicht die mindeste Gefahr, hier aber waren die Kanonen nicht befestigt, die eine dreifache Reihe rollte bis in die Stückpforten hinein, und ragte mehrere Fuß über dieselben hinaus, die auf der entgegengesetzten Seite stehenden rollten gegen die Mitte des Schiffes zurück, jene ersteren hatten also kein

Digitized by Google

Gegengewicht, und das Schiff sank zur Seite, und durch die Schiffspforten drang die Fluth mit Macht hinein. In kurzer Zeit war das Schicksal des „Royal Georg" erfüllt — er lag selbst zur Zeit der Ebbe mit seiner Schanze 30, mit den unteren Räumen 60 und 70 Fuß tief unter Wasser.

Das Unglück war hier allein durch das gestörte Gleichgewicht herbeigeführt, wären die Stücke an ihren Plätzen befestigt gewesen, so hätte es gar nicht geschehen können, denn ein solches Schiff muß auf dem Meere ganz andere Schwankungen aushalten, ohne sich umzulegen. Da aber eben dieses gestörte Gleichgewicht für Schiff und Mannschaft Verderben bringend ist, so wird selbst bei dem Kauffahrer, der doch nicht einen größten Theil der Belastung (die Kanonen) über Wasser hat, mit wahrer Aengstlichkeit dafür gesorgt, daß das Schwerste in die untersten Räume komme, und alle übrigen Waaren gut und sicher befestigt werden, so daß sie auch bei starken Schwankungen des Schiffes nicht durcheinander rollen, und das Gleichgewicht des Schiffes in Gefahr bringen. Auch hat man, um eben dieses Gleichgewichtes willen, auf gut ausgerüsteten Schiffen einen sogenannten Clinometer — eine Niveauvorrichtung, eine Canalwage (s. S. 171) nach der Länge und nach der Breite des Schiffes gehend, vermöge deren man die Beladung so außerordentlich genau regeln kann, daß ein damit versehenes Schiff auch nicht um einen Viertelzoll auf einer Seite tiefer geht als auf der anderen.

Bei diesem Schwimmen des Schiffes, des Holzes, findet keine Thätigkeit von Seiten des Körpers statt, es ist also ein „Flotter", anders verhält es sich bei dem Menschen, ausschließlich aller anderen Thiere, diese nämlich sind wegen großer hohler Räume in ihrem Körper specifisch leichter als Wasser (was vom Menschen kaum gesagt werden kann, wenn derselbe nicht ungewöhnlich fett und aufgeschwemmt ist), und sie haben eine viel günstigere Lage für das Schwimmen, sie befinden sich nämlich in derselben, in welcher sie auch gehen und laufen, der Mensch dagegen muß sich aus der ihm natürlichen verticalen Stellung in die, ihm nur für die Ruhe, nicht für die Arbeit geeignete horizontale Stellung begeben, und er muß den Kopf durch die bei Menschen immer schwachen Genickbänder*). mit Mühe und fortwährender Anstrengung aufrecht halten, in eine Lage bringen, welche ihm durchaus unangemessen und unbequem ist. Wenn also die Thiere im Wasser nichts anderes thun als das Gewicht ihres Körpers dem Wasser

*) Beim Thiere sind diese Muskeln viel stärker ausgebildet, weil sie den Kopf zu tragen haben, beim Menschen dienen sie eigentlich nur dazu, den Kopf zu wenden, etwa zurückzubiegen, denn getragen wird er durch die Halswirbel.

Digitized by Google

zum Tragen übergeben, und ihre Beine nur brauchen wie sie es auf dem Lande gewöhnt sind, zum Gehen (denn nur diese Bewegung machen sie), muß der Mensch seine Glieder brauchen, um seinen Körper tragen zu helfen. Allerdings, wenn er steif gestreckt auf dem Rücken liegt, den Kopf recht zurückbiegt und das Volumen seines Körpers vermehrt, indem er stark einathmet, die Brust ausdehnt, wiegt er etwas weniger als das Wasser, welches er, ganz untergehend, verdrängt, und deshalb geht er in dieser Lage nicht ganz unter.

Schwimmt der Mensch aber flach liegend, wie gewöhnlich, so muß er seine Hände brauchen, um durch einen Druck derselben nach unten und hinten, seinen Körper nach oben und nach vorne zu bringen, ihn zu heben und zu tragen, und dies ist es, was das Schwimmen beschwerlich und ermüdend macht. Unmöglich aber würde es ihm sein, wenn das Wasser seinen Körper nicht trüge, was man daran sehen kann, daß auch der beste Schwimmer nicht im Stande ist, mit einem Gewicht von 150 Pfund (dem Gewichte seines Körpers) belastet, sich über Wasser zu erhalten, obschon hierbei durchaus nicht 150 Pfund zu tragen sind, da das Eisen doch nahezu einen halben Kubikfuß einnehmen, also hierdurch von seinem Gewicht 33 Pfund verlieren würde.

Von den gasförmigen Stoffen.

Wir haben die Eigenschaften der Körper unter zweien Aggregatzuständen, dem festen und dem tropfbaren, betrachtet, wir haben nun noch die des dritten Aggregatzustandes, nämlich des ausdehnsamen zu betrachten.

Es giebt für die Körper aller drei verschiedenen Zustände ungeheuere Vorrathskammern auf unserem Planeten. Die ganze organische und anorganische Körpermasse, welche wir Erde nennen, versammelt die festen Stoffe in sich, das Meer die flüssigen, und die Atmosphäre ist der Repräsentant und auch zugleich das Vorrathshaus aller Gase — allerdings wiegen in derselben vier Stoffe ganz besonders vor, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdampf, allein da auf der Erde durch die Natur oder die Kunst sehr viele Gasarten erzeugt werden, vom schweren Chlorgase bis zum leichten Wasserstoffgase, und diese Gase sämmtlich, so weit sie sich nicht mit anderen Körpern verbinden, in die Luft entweichen, so müssen sie darin vorhanden sein, gerade so gut wie Theer und Provenceröl, Essig und Milch oder Wein im Weltmeer, als demjenigen Becken, wohin zuletzt alles gelangt, was die Köchin aus dem Waschfaß in die Straßenrinne gießt und was aus dieser in den Bach, in den Fluß, in den Strom gelangt; daß wir

Digitized by Google

dieses alles darin so wenig nachweisen können, wie den Spiritusdampf in der Atmosphäre, rührt von der ungeheueren Größe des Wasser- oder Luftbehälters her.

„Die luftförmigen Theile umhüllen die beiden anderen wie mit einem großen Mantel, und dienen zur Werkstätte für alle diejenigen Veränderungen, welche die Natur für nöthig befunden hat, um die Erde zu befruchten, zu erwärmen, zu erfrischen, zur Werkstätte für alles das, was wir Lufterscheinungen, Meteore, (Wolken, Regen, Schnee, Hagel, Abendröthe, Nordlicht, Nebensonnen, Mondhöfe ꝛc.) nennen. Dort ist der Sitz der Winde, des sanften, lieblichen Zephirs und des rauhen Nord, des Lüftchens, welches die erhitzte Wange schmeichelnd fächelt, des Sturmes, welcher Schiffe in dem Abgrund des Oceans begräbt, des Orkans, der Bäume und Häuser niederreißt und ganze Ortschaften von der Erde fegt.“*) Und diese Lufthülle, in der alles dies geschieht und nur geschieht, weil sie dem dritten, dem ausdehnsamen Aggregatzustande angehört, nennen wir Atmosphäre. In einer nicht ausdehnsamen Flüssigkeit könnte alles das Gedachte nicht geschehen, im Meere giebt es keine Wolken, in den Flüssen keine Abendröthe, in den Bächen, oder Teichen, oder Seen kein Nordlicht und keinen Regenbogen. Die Atmosphäre, die Lufthülle, die Hohlkugel, in deren Innerem die Erde schwebt, gehört zu ihr, ist schwer gegen sie, begleitet sie auf ihrer Reise, wird aber nicht von ihr durchstrichen, sondern dreht sich mit ihr um ihre Axe, und bewegt sich mit ihr um die Sonne.

Würde die Luft den Weltraum erfüllen, und würde die Erde diesen Raum und die diesen Raum erfüllende Materie durchstreichen, so würde dies einen fortwährenden wüthenden Orkan bedingen, einen Orkan, der nicht nur keine Häuser und keine Bäume aufkommen ließe, sondern der die Granitberge ebnete und die ganze Erdkugel spiegelblank fegte, denn bloß durch ihre Axendrehung legt die Erde in der Nähe des Aequators ungefähr 1500 Fuß in der Secunde zurück (während noch nie ein Orkan beobachtet worden ist, der nur den zehnten Theil dieser Geschwindigkeit gehabt hatte, 150 Fuß in der Secunde), die Bahnbewegung der Erde beträgt nun gar 96,000 Fuß in der Secunde. Abgesehen von diesen aus einer solchen Annahme hervorgehenden Umständen macht sich die Sache auch noch dadurch unmöglich, daß der Widerstand der Luft die Erde sehr bald zum Stillstehen bringen würde.

Die Luft ist ausdehnsam, d. h. je weniger Beschränkung sie durch irgend ein äußeres Hinderniß erfährt, desto mehr dehnt sie sich aus. Da

*) Zimmermann, Erdball. 1. Band, zweite Abtheilung, Seite 3.

Digitized by Google

nun von Außen her auf die Atmosphäre gar kein Druck stattfindet, so könnte man sich eigentlich gar nicht wundern, wenn sie die Erde verließe und sich in dem Weltraum verlöre. Es sind solche Ansichten auch wirklich aufgestellt worden, allein man hat vergessen, daß es Naturgesetze giebt, denen ausdehnsame Körper so gut unterliegen als feste oder tropfbare.

Die Atmosphäre der Erde ist gegen die Erde schwer, sie lastet auf ihr. In großen Höhen, wo die Luftmasse nicht mehr so dicht ist als an der Oberfläche der Erde, findet nun allerdings ein sehr viel geringerer Druck statt, die Luft kann sich ausdehnen, und sie macht von dieser Erlaubniß Gebrauch, wie sie nur irgend kann, sie dehnt sich unter dem halben Drucke acht Mal so weit aus, als sie unter dem ganzen Druck sich ausgedehnt hat, sie dehnt sich unter dem dritten Theil des Druckes auf ein Siebenundzwanzigstel, unter dem vierten Theil auf ein Vierundsechszigstel des Druckes aus — 8, 27, 64 sind Würfelzahlen, sind die dritten Potenzen der Zahlen 2, 3, 4. Dies ist das Gesetz, nach welchem luftförmige Körper sich ausdehnen.

Der zu großen Ausdehnung oder Verdünnung setzt nun die Schwere oder die Anziehungskraft der Erde Grenzen. Diese Kraft verringert sich mit der Entfernung bedeutend — in der doppelten Entfernung ist sie nur ein Viertel so groß als in der einfachen, in der dreifachen ein Neuntel, in der vierfachen ein Sechszehntel so groß als in der einfachen.

Nun sind aber die Zahlen 4, 9, 16 die zweiten Potenzen oder Quadrate der Zahlen 2, 3, 4, jene vorigen waren die dritten Potenzen, d. h. die Schwere nimmt zwar viel stärker ab als die Entfernung zunimmt, nämlich nach den Quadraten dieser Entfernungen, aber die Ausdehnung, die Verdünnung nimmt in einem noch viel größeren Verhältniß, nämlich nach den dritten Potenzen, zu. — In der dreifachen Entfernung ist die Luft nur noch ein Neuntel so schwer gegen die Erde, aber sie ist auch nur ein Siebenundzwanzigstel so dicht, in der vierfachen Entfernung ist sie zwar nur noch ein Sechszehntel so schwer gegen die Erde als in der einfachen, aber in derselben Entfernung ist sie nur noch ein Vierundsechszigstel so dicht. Es bleibt also die Schwere immerdar in einem gewaltigen Uebergewicht über die Ausdehnung, und deshalb hat diese schon eine Grenze dort, wo die Schwere gegen die Erde noch lange ihre Grenze nicht erreicht hat.

Die Atmosphäre gehört also zur Erde, ist ein Theil derselben, und wir wohnen am Boden des Luftoceans, der die Erde umgiebt, wohnen also eigentlich nicht auf der Erde, sondern in der Erde, wohl aber auf dem festen Theil derselben.

Als zur Erde gehörig, muß die Atmosphäre auch Theil nehmen an

Digitized by Google

der Gestalt derselben, und so geschieht es; sie hat die ellipsoidische Gestalt der Erde, nur ist sie noch um etwas stärker abgeplattet als die feste Erde, und zwar deshalb, weil der Schwung, mit welchem die Erde sich um ihre Axe dreht, auf die ausdehnsamen Theile stärker wirken kann als auf die festen, und ferner, weil in der Gegend des Aequators die Wärme „dieser Länge noch eine Spanne zulegt", die ausdehnsamen Flüssigkeiten nehmen bei gleicher Temperaturerhöhung einen sehr viel größeren Raum ein als die festen oder flüssigen. Demnach muß die Dunsthülle der Erde, am Aequator gemessen, eine viel größere senkrechte Höhe haben, als in der Gegend der Pole gemessen.

Wie groß der Unterschied der beiden Durchmesser sei, weiß man nicht, weil man mit Meßinstrumenten nicht dahin gelangen kann, wo ihre Grenze anzunehmen sein dürfte, ein Mensch würde dort nicht leben können, und kein Fahrzeug würde ihn dorthin tragen, dies aber hat sich aus genauen Berechnungen ergeben, daß der Unterschied der beiden Durchmesser sich nicht wie 2' zu 3 verhalten könne. Wäre z. B. die Erdkugel sammt der Atmosphäre an den Polen gemessen, 1740 Meilen hoch, so könnte sie unter dem Aequator nicht 2610 Meilen betragen.

Die Höhe, bis zu welcher nun aber durchschnittlich um die ganze Erde die Atmosphäre reichen soll, wird sehr verschieden angenommen, und zwar vorzugsweise, weil man über die Grenzen der Ausdehnsamkeit nicht einig war. Mehrere Gelehrte haben versucht, ein Gesetz über die Ausdehnungsart festzustellen, dem französischen Physiker, dem Prior von St. Martin sous Beaume, eine Meile von Dijon, Mariotte, gelang es, in der Mitte des 17. Jahrhunderts durch Versuche zu ermitteln, wie sich die Luft verhält, wenn man sie zusammendrückt, und wenn man sie ausdehnt, wozu Torricelli, ein italienischer Gelehrter, die Veranlassung gab.

Der leere Raum gab den Gelehrten, von den ältesten Zeiten her, viel zu schaffen und zu speculiren — etwas höchst Willkommenes für Leute, die nicht experimentiren, nicht sehen wollten. Giebt es einen leeren Raum, oder ist alles, was Raum genannt werden kann, mit Materie erfüllt? das waren die Hauptfragen, und gewöhnlich wurde die erste mit nein, die zweite mit ja beantwortet — man behauptete, die Natur habe einen Abscheu vor dem leeren Raum, das berüchtigte horror vacui der alten Zeit — wo sich ein solcher zu zeigen beginne, da stürze die bewegliche Materie sich hinein und erfülle denselben. So wird das Wasser in einer Brunnenröhre steigen, wenn man über derselben einen leeren Raum hervorbringt ꝛc.

Nun kam es, daß man zu Padua einen Brunnen gegraben hatte, der einige 40 Fuß tief war. Das Wasser konnte dabei nicht so hoch gehoben

Digitized by Google

werden, um oben auszufließen. Der Brunnenmeister ging mit seinen Gehülfen zu dem berühmtesten Gelehrten seiner Zeit, zu Galilei, und fragte nach der Ursache — „das kommt von dem Abscheu der Natur vor dem leeren Raum!“ war die Antwort.

Es ist schwer faßlich, wie man so sprechen kann, gerade da, wo der Abscheu der Natur vor dem leeren Raum aufhört, wenn man gefragt hätte, „wie kommt es, daß in den Pumpenröhren Wasser aufsteigt, bis 10, 20, 30 Fuß“, so konnte ein in den damaligen Ansichten Befangener allenfalls wohl sagen, das kommt vor dem Abscheu vor der Leere; denn hier wurde der leere Raum wirklich erfüllt, wie aber auf die Frage: „wie kommt es, daß Wasser in einem Pumpenrohr nicht steigt bis zu 40 Fuß?“ dieselbe Antwort gegeben werden konnte, ist unbegreiflich, da hier ja ein leerer Raum blieb, den das Wasser nicht ausfüllte, unmöglich könnte man behaupten wollen, der Abscheu der Natur gegen den leeren Raum gehe nur bis zu 32 Fuß bei Wasser, und dann ekle sich die Natur nicht mehr vor dem leeren Raum, dann sei es ihr gleichgültig, ob einer vorhanden oder nicht?

Fig. 499.

Dennoch wußte Galilei nichts Besseres zu sagen, und die neueren französischen Gelehrten können des sonst so großen Mannes Ehre, als Physiker, nicht auf eine bessere Weise retten, als indem sie behaupten, Galilei habe dies zu den Brunnenmachern nur gesagt, um sich über sie lustig zu machen. Wenn dieses so gewesen, so hätte er wenigstens nachher ihnen eine Abhülfe geben müssen, dies geschah jedoch nicht, und der Brunnenmacher suchte sich auf andere Weise zu helfen, indem er das Gestänge des Pumpwerkes verlängerte und dasselbe dem Wasserspiegel näher brachte.

Als einige Jahre später ein sehr junger Gelehrter Torricelli (er starb 1647, in seinem 31. Jahre), einen Versuch machte, jenen Abscheu vor dem leeren Raum zu erklären, da begann es zu tagen.

Torricelli nahm eine 3 Fuß lange Röhre, füllte sie mit Quecksilber, kehrte sie um, so daß ihr unteres offenes Ende in ein Gefäß, worin etwas Quecksilber enthalten war, gestellt werden konnte (S. Fig. 499). Er schloß ganz richtig, wenn Wasser in einer Röhre

Digitized by Google

nur 32 Fuß hoch steigt (dies war nach und nach durch Versuche von Galilei ermittelt worden), so kann eine mehr als 13 Mal schwerere Flüssigkeit auch nicht höher als auf den dreizehnten Theil jener 32 Fuß steigen, und der Erfolg bestätigte seine Meinung, das Queckſilber blieb in einer Höhe von 28 Zoll über dem äußeren Niveau hängen.

Torricelli meldete den Erfolg dieses Versuches im Jahre 1644 an den P. Merſenne in Nevers, durch dessen ausgebreiteten Briefwechsel damals fast alle gelehrten Naturforscher der europäischen Länder in Verbindung standen. Durch diesen erfuhr ihn der später so berühmt gewordene Pascal, welcher sogleich in seinem 23sten Jahre eine Abhandlung darüber schrieb, welche zu seiner Berühmtheit den Grund legte. Auch er nimmt den Abscheu der Natur vor dem leeren Raum noch als Ursache dieser Erscheinung an, Torricelli hingegen kam nach einigem Nachdenken auf eine andere Vermuthung. Da er sein neues Instrument fleißig beobachtete, bemerkte er bald, daß es an verschiedenen Tagen verschieden hoch stehe, der Abscheu vor der Leere konnte unmöglich verschiedenen Variationen unterliegen; so kam er nach einigem Nachdenken auf die glückliche Vermuthung, daß das Steigen der Queckſilberſäule von der Oberfläche desſelben in dem Glase bis zu dem leeren Raum hin wohl von dem Drucke herrühren dürfte, den die Luft auf die Fläche des Queckſilbers in dem Glase ausübe, denn daß die Luft schwer sei, hatte schon Galilei bewiesen.

Dieser Gedanke ist den bekannten hydrostatischen Gesetzen so angemessen, daß man ihn nur hören darf, um darin sofort die wahre Ursache des Phänomens zu finden, allein Torricelli genoß des Triumphes, die richtige Erklärung gegeben zu haben, nicht, der Tod übereilte ihn. Pascal nahm nunmehr die Versuche auf, machte sich Torricelli's Ansicht ganz zu eigen und bestätigte sie durch eigene neue Versuche. Durch seinen Schwager Perrier zu Clermont in der Auvergne ließ er Versuche über den Stand des Queckſilbers auf dem 3000 Fuß hohen Puy de Dome anstellen und es ergab sich, daß dort das Queckſilber um 3 Zoll niedriger stand als unten im Thale.

Hierdurch allein war schon bewiesen, daß der Stand des Queckſilbers in der Röhre nicht von einem Abscheu der Natur vor dem leeren Raum herkomme, sondern von dem Druck der Luft, der auf einem hohen Berge geringer sein mußte als in niedrigeren Punkten, weil man sich durch Besteigung des Berges den Grenzen des Luftkreises näherte, also die drückende Luftsäule verkürzte, folglich die ihr das Gleichgewicht haltende Queckſilberſäule auch kürzer werden müsse. Dies schlug die ungegründete und nur die gröbste Unwissenheit verbergen sollende Erklärung der Peripatetiker zu

Digitized by Google

Bodeck und in rascher Folge auf einander drängten sich nunmehr unzählige Experimente, an denen auch der geniale Otto von Guerike einen bedeutenden Theil hat, indem er besonders aufmerksam auf die täglichen Veränderungen des Standes in diesem Instrument war. Man nannte es sehr richtig Baroscop oder Barometer, weil sich daran die Schwere der Luftsäule, der Druck derselben, wenn nicht messen, so wenigstens beobachten ließ, aber sehr mit Unrecht machte man es bald zu einem Wetterglase, was es denn freilich nicht ist, wiewohl die meisten Menschen von dieser Ansicht gar nicht abzubringen sind.

Die Sache ist nämlich diese: trockne Luft, von Nord- oder Ostwinden herbeigeführt, ist schwer, feuchte Luft, von Süd- und Westwinden zu uns gebracht, ist viel leichter. Wenn nun das sogenannte Wetterglas sinkt, so entspricht dieses feuchter Luft, wenn es steigt, trockner Luft, bei trockner Luft aber regnet es nicht, wohl dagegen bei feuchter und weil, wenn das Barometer stark fällt, dies häufig Regen zur Folge hat, umgekehrt das Steigen aus den angegebenen Gründen heiteres Wetter, so schließt man, „wenn das Barometer fällt, so giebt es Regen ꝛc.“

Der Schluß bezüglich auf das Barometer ist ganz falsch, sein Stand zeigt nicht Feuchtigkeit und Trockenheit, sondern nur den Druck der Luft an, wenn die Luft sehr mit Feuchtigkeit beladen, diese aber durch einen warmen Südwind aufgelöst gehalten wird, so steht das Barometer sehr tief, aber es regnet nicht, nun kommt ein kalter Nordwind, er findet viel Feuchtigkeit in der Luft, aber durch die Wärme aufgelöst, der kalte Wind drückt den Schwamm aus, die abgekühlte Luft kann ihre Feuchtigkeit nicht aufgelöst erhalten, sie sinkt als Regen herab, obschon das Queckſilber des Barometers durch den Nordwind empor gehoben worden ist.

Umgekehrt ist die Luft mit Feuchtigkeit gesättigt, sie steht unter dem Einflusse des Nord- oder Ostwindes, es ist daher kalt, das Barometer steht sehr hoch, es beginnt zu regnen, da kommt ein lauer Südwind, die Barometer sinken, aber der Regen hört auf, denn die Wärme, welche dem in der Luft schwebenden Wasser fehlte, um aufgelöst zu werden, wird nun durch den Südwind herbeigeführt.

Der Irrthum, als bringe ein Fallen des Barometers Regen, ein Steigen Trockenheit, hat sich dergestalt eingebürgert, daß die Gelehrten sich seit 200 Jahren vergeblich Mühe gegeben haben, ihn zu vertilgen. Wenn ein Thor eine neue Lehre über die Farben, über die Töne, über die Stellung der Erde gegen ihre Bahn, über den Druck der Luft aufstellt, so findet er unter den Halbgebildeten sofort Tausende von Anhängern, die das halb

Digitized by Google

verſtandene unverſtanden nachbeten, ſich fanatiſch erheben und für das neue Evangelium todtſchlagen laſſen.

Wenn nun würdige Männer mit dem ganzen Gewichte der Wiſſenſchaft und mit den anſchaulichſten Beweiſen gegen die Irrlehre zu Felde ziehen, ſo werden ſie als Finſterlinge verſchrieen, welche das neue Licht nicht gelten laſſen wollen. Hat aber dies neue Licht gar ein wenig Mutterwitz und weiß es die Lacher auf ſeine Seite zu ziehen, ſo iſt Alles vergeblich, was man anſtellen mag, um dem Thoren zu beweiſen, daß er eine Schellenkappe trägt, je luſtiger ſie klingelt, deſto weniger glaubt er, daß ſie auf ſeinem eigenen Kopfe ſitzt.

Möge der freundliche Leſer den Verfaſſer nicht mißverſtehen, es ſoll hier keineswegs geſagt werden, daß, wenn ein Barometer fällt oder ſteigt, es nicht Regenwetter oder heitres Wetter werden könne, ja nicht einmal daß dies nicht häufig geſchehe, ſoll behauptet werden, aber dies iſt immer noch etwas ganz Anderes, als man von einem Wetterpropheten verlangen kann. Wenn es unter zehn Malen, daß der Hahn kräht, ſechs Mal regnet, ſo iſt er deshalb doch kein Wahrſager, denn er hat unter zehn Malen vier Male falſch geſagt.

So iſt es auch mit dem Wetterglas, deſſen Vorherſagungen (wenn man ſie ſo nennen und auf das Wetter beziehen will, worin eben der Irrthum liegt) allerdings oft eintreffen, aber keineswegs ſo oft, daß man das Nichteintreffen als eine Ausnahme anſehen könnte, indeſſen beſſer iſt es noch immer als der Kalender, an welchen ja noch jetzt viele Leute ſteif und feſt glauben.

Das Barometer hat einen ganz anderen, viel bedeutenderen Werth, denn als Wetterglas, es lehrte die Verhältniſſe kennen, in welchen die Atmoſphäre zur Erde ſteht, es lehrte den Druck der Luft, es lehrte die Abnahme dieſes Druckes nach oben hin kennen und die von vielen Gelehrten angeſtellten Verſuche ergeben ſogleich zwei ſehr mächtige Wahrheiten, die nämlich, daß der Druck der Luft mit der Höhe ſich verringere und daß er nicht in gleichen Zwiſchenräumen um gleich Vieles geringer werde; dies ſtellte feſt, daß die Luft elaſtiſch ſei (worüber bis dahin noch gar kein directer Beweis geführt worden war), daß die oberen Schichten auf die unteren drückten und dieſe alſo compacter machten, als ſie ſelbſt, die höheren, drückenden waren.

Man kann ſich die Sache ſo vorſtellen: es giebt eine Art von Springfedern, welche die Fabrikanten Contre-elastiques nennen, ſie äußern ihre Elaſticität nicht beim Ausdehnen, ſondern beim Zuſammendrücken, es ſind hart gezogene Drähte auf einem Cylinder gewickelt, aber nicht eine Win-

Digitized by Google

dung an die andere stoßend, sondern jede von der anderen geschieden, mitunter durch einen viel größeren Zwischenraum, wie die Breite der Drähte beträgt, so z. B. bei den Springfedern, die zu den Sopha's und Polsterstühlen gebraucht werden.

Stellt man sich nun solch eine Springfeder, cylindrisch gewickelt, 100 Fuß lang, horizontal liegend, vor, so wird jede beliebige Strecke gleich viel Windungen enthalten, auf jeden Fuß werden 24, auf jeden Zoll werden 2 kommen (oder irgend eine andere, aber immer gleichbleibende Menge).

Richtet man dieselbe Springfeder auf, etwa indem man eine Schnur hindurchgehen läßt, damit sie nicht zusammensinke, so wird man sie auffallend anders gestaltet finden. Vorher lagen alle Windungen neben einander, ohne daß eine den geringsten Einfluß auf die andere gehabt hätte; jetzt drücken alle auf die unterste Windung, die übrigen alle drücken auf die vorletzte ꝛc. ꝛc. Die obere Hälfte drückt auf die untere Hälfte, das oberste Viertheil auf die unteren drei Viertheile. Was wird die Folge sein? Die unteren Windungen werden bedeutend stärker zusammengedrückt werden als die mittleren, diese viel weniger als die oberen und legt man einen Maßstab an, so wird man auf den untersten Fuß nicht 24, sondern vielleicht 100 Windungen finden, höher hinauf 96, 80, 50, 30, aber selbst ganz oben noch mehr als 24, weil, wie wenig auch, das letzte Theilchen doch noch auf das vorletzte drückt.

Die Springfeder, die vorhin überall, auf ihre ganze Länge gleichmäßig gewickelt war, ist jetzt über ihre ganze Länge ungleichmäßig und zwar in solcher Art, daß ihre am tiefsten liegenden Schichten am dichtesten sind.

So fand man es in der Luft, wenn man, das Barometer in der Hand, sie in verschiedenen Höhen untersuchte. Aus den untersten Räumen der Pariser Sternwarte ansteigend, mußte man sich 63 Fuß erheben, um das Barometer eine Linie fallen zu sehen, um das Barometer zehn Linien fallen zu sehen, mußte sich Scheuchzer in der Schweiz um 714 Fuß erheben. Wäre die Höhe für jede Linie 63 Fuß gewesen, so hätte der Berg nur 630 Fuß haben dürfen. Hat man sich in der Atmosphäre so hoch erhoben, daß ein gutes Barometer nur noch 14 Zoll hoch steht, so muß man, um das Barometer nur noch eine Linie fallen zu sehen, sich um 126 Fuß, d. h. gerade um das Doppelte erheben, wie an der Pariser Sternwarte. Dort oben ist die Luft also viel weniger dicht, sie steht nur noch unter dem halben Druck der Atmosphäre. Diese Entfernung aber beträgt (wenn man die ganze Höhe des Luftkreises zu 10 Meilen anschlägt, was vielleicht noch zu wenig ist) nicht 5 Meilen, wie es sein müßte, wenn die Luft ein unelastischer Körper wäre, sondern sie beträgt nur 18,000 Fuß

Digitized by Google

und kann, wenn schon mit einigem Ungemach, doch von einem Jeden erreicht werden, der den Chimborasso oder den Himalaya bis zu dieser Höhe besteigt, es ist also hier nur der siebente Theil dessen, was die Hälfte der Ausdehnung betragen sollte, wirklich in Anspruch genommen, es ist die Hälfte der Atmosphäre auf den vierzehnten Theil des Ganzen zusammengedrückt.

Diese Thatsachen sind von großer Wichtigkeit, es ist nur unbegreiflich, daß es, nachdem sie einmal entdeckt worden, noch möglich war, ihnen offen zu widersprechen, wie es in neuester Zeit durch einen Herrn von Driberg geschehen. Man sagt zwar, durch Reibung entsteht Licht, das ist aber in solchen Fällen gar nicht wahr; wo die Thatsache so feststeht, giebt sich der Gelehrte gar nicht die Mühe, sie noch einmal zu beweisen, der Zweifler aber oder der Erfinder der neuen Ansicht, wie absurd sie auch sei, findet seine Anhänger, welche auf die Worte ihres Meisters schwören und die falschen Lehren verbreiten. Und die Lehre von dem Luftdruck für eben so falsch auszugeben, als die darauf bezüglichen Lehren der Peripathetiker, ist gar nicht thunlich, wenn schon dergleichen täglich versucht wird, wie mit der neuen Lehre des Bauinspector Sachs über die Bewegung der Erde.*) Es kommt bei Allem, was neu aufgestellt wird, nicht mehr auf das Glauben, sondern auf das Beweisen an, Lehren, wie die jetzigen astronomischen, können so wenig angefochten werden wie die physischen, sie beruhen sämmtlich nicht mehr auf Ueberlieferungen, wie sonst, sondern auf Erfahrungen, auf Thatsachen.

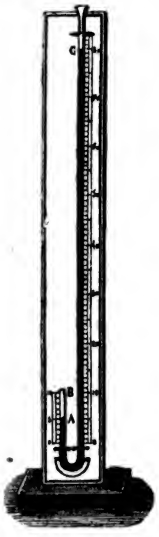
So gab denn auch die neue Lehre von dem Luftdruck den Nachfolgern des Torricelli Anlaß zu prüfenden Versuchen, woraus sich nun wieder die Gesetze ergaben, unter denen dieser Druck stattfand, wofür wir besonders dem wackeren Mariotte Dank schulden, denn dieser hat durch Versuche, allerdings in ziemlich engen Grenzen, sowohl die Zusammendrückbarkeit als die Ausdehnungsfähigkeit untersucht, und in neuester Zeit hat die französische Akademie diese Versuche im großartigsten Maßstabe bis zu einem Druck von beinahe 30 Atmosphären wiederholen lassen und bestätigt gefunden (jetzt also nicht mehr in engen Grenzen).

Diese Versuche wurden so gemacht, daß man eine 6 bis 8 Fuß lange Glasröhre AC (Fig. 500) an einem Ende so umbog, daß ein Stück von

*) Der wackere Mann sagte: was hat denn Eure Lehre vor der ptolemäischen voraus? An Eure glaubt man seit 300 Jahren, an jene seit 2000 Jahren; jene war unwahr, trotz ihres ehrwürdigen Alters, Eure ist es nicht minder, Ihr habt nicht einmal 2000jährigen Glauben für Euch!

Digitized by Google

Fig. 500.



einem Fuß AB mit den übrigen 5 oder 7 Fuß derſelben Röhre parallel war, das kurze Stück war bei B zugeſchmolzen. Nun goß man Queckſilber hinein, bis die untere krumme Verbindungsſtelle beider Theile der Röhre mit Queckſilber gefüllt war, alsdann ſtand die Luft in dem kürzeren Schenkel genau unter demſelben Druck wie in dem längeren, nämlich beide unter dem Druck der Atmoſphäre.

Nunmehr wurde der längere Schenkel mit Queckſilber gefüllt, wodurch es auch in dem kürzeren ſtieg, natürlich viel weniger als in dem längeren, denn es war gehindert durch den Widerſtand der eingeſchloſſenen Luft. Als das Queckſilber in dem längeren Schenkel 28 Zoll über dem Queckſilber in dem kürzeren ſtand (80 Centimetre, wie die Figur bei C angiebt), war die Luft genau auf die Hälfte ihres früheren Volumens, auf 6 Zoll (von 1 Fuß urſprünglicher Länge) zuſammengedrückt.

Der Verſuch wurde fortgeſetzt und bei abermaliger Erhöhung um 28 Zoll über dem Niveau bemerkte Mariotte, daß die Luft in dem kürzeren Schenkel auf ein Drittheil ihres früheren Umfanges zuſammengedrückt war, ſie hatte nur noch eine Ausdehnung von 4 Zoll.

Noch um den Druck einer Atmoſphäre ſetzte Mariotte den Verſuch fort, er fand die Luft jetzt auf ein Viertheil zuſammengedrückt und ſagte alſo mit Recht, die Elaſticität der Luft wächſt mit dem Druck, ſie wird doppelt ſo ſtark bei Verdoppelung des Druckes, dreimal, viermal ſo ſtark bei Verdreifachung und Vervierfachung des Druckes, oder anders ausgedrückt, ſie geht bei Verdoppelung des Druckes auf die Hälfte, bei Verdreifachung, Vervierfachung auf ein Drittheil, ein Viertheil ihrer urſprünglichen Ausdehnung zuſammen. Man darf hier nicht vergeſſen, daß die Luftſäule von der Oberfläche der Erde bis zur Grenze der Atmoſphäre immer als Einheit mitzählt, d. h. wenn die Luftſäule in dem kleinen Schenkel 28 Zoll Queckſilber trägt, ſo ſteht ſie nicht unter dem Drucke einer, ſondern bereits einer zweiten Atmoſphäre, die erſte übt ihren Druck ſchon aus, wenn noch gar

Digitized by Google

kein Quecksilber zugegossen ist, und wenn 30 oder 60 Zoll zugegossen sind, übt sie diesen Druck noch gerade eben so aus.

Die Versuche wurden von Winkler in Leipzig bis auf 8 Atmosphären erweitert und immer gleich richtig befunden, die neuesten in Paris angestellten waren aber eigentlich großartig; mehr als ein Dutzend Rohre von 6 Fuß Länge waren mit eisernen Schrauben oben und unten versehen und konnten so zu einer Länge von 75 Fuß zusammengesetzt werden. Da eine so hohe Glassäule ihr eigenes Gewicht nicht tragen würde, so war jedes einzelne Rohr durch über Rollen laufende Gegengewichte äquilibrirt.

An der untersten letzten Röhre befand sich ein eiserner, rechtwinklig auslaufender Ansatz, auf dem eine zweite Glasröhre mit der ersten parallel aufgesetzt werden konnte, diese hatte 2 Fuß Länge und gestattete eine genaue Beobachtung der Zusammendrückung durch die sich mehrende Quecksilberlast. Nun wurde in dem längeren Schenkel dieses Apparates Quecksilber eingefüllt und die Höhen festgestellt, zu denen es in dem kürzeren Schenkel stieg, nicht bei 2 oder 6 Atmosphären, sondern bei 32 Atmosphären, bis wohin der längere Schenkel dieses Apparates ausreichte und bis zu dieser Grenze war und blieb das Mariotte'sche Gesetz gültig, ohne irgend einen bemerkbaren Fehler. Dies ist immer ein guter Prüfstein und wohl zu vermuthen, daß man niemals in die Lage kommen wird, mit Räumen zu thun zu haben, in welchen die Luft noch stärker zusammengedrückt ist, außer bei Windbüchsen oder bei den Apparaten zur Bereitung flüssiger Kohlensäure, bei welchen es nun wieder gar nicht darauf ankommt, ob das Mariotte'sche Gesetz befolgt wird oder nicht.

Gehler macht dazu die Bemerkung, daß wahrscheinlich das Mariotte'sche Gesetz bei großen Druckhöhen nicht mehr anwendbar sein würde, wenigstens kann es nur immer so weit gehen, bis die Theile der Luft zur Berührung unter einander gebracht wären; dies ist zwar wahr und macht dem Scharfsinn des Mannes, zu dessen Lebzeiten es noch keine flüssige Kohlensäure, d. h. keinen Beweis gab, daß eine für permanent gehaltene Gasart durch bloßen Druck zu einer Flüssigkeit und durch ihre eigene Verdunstungskälte zum festen Körper werden könne, alle Ehre, allein ob sich dies würde jemals auf die atmosphärische Luft anwenden lassen, ist so zweifelhaft, wie die Grenze es ist, bei welcher die Theile der Luft zur Berührung gebracht sein werden, nehmen wir an, daß die Luft 800 Mal leichter ist als Wasser und dieses 20 Mal leichter als Gold und Platina, so würden wir die Luft auf den 16,000sten Theil ihres Volumens an der Erdoberfläche zusammendrücken müssen und dann erst wäre sie so dicht wie Gold, dieses ließ sich aber noch zusammendrücken, so daß es 21 Mal dichter

Digitized by Google

wird als Wasser, seine Theile können sich also auch noch nicht berühren, sonst könnten sie einander nicht noch näher gerückt werden.

Da wir nun aber Luft in Windbüchsen bis auf mehr als den 500sten Theil zusammengedrückt haben und dabei die Luft immer noch ihre Elasticität behalten hat, so daß sie die Kugel mit größter Vehemenz aus dem Rohre treibt, so ist die Wahrscheinlichkeit, sie als festen oder flüssigen Körper zu sehen, nicht groß, wiewohl denn doch durchaus nicht unmöglich, da wir den Sauerstoff und den Stickstoff in 100 verschiedenen Verbindungen fest werden sehen.

Interessant wird übrigens die Frage: was wird bei sehr großer Verdichtung der Luft aus ihr in Beziehung zu anderen Körpern, kann man Luft so zusammenpressen, daß sie im Wasser untergeht, oder Aehnliches?

Im atlantischen Ocean, in der Breite der Mündung des Silberstromes, ist eine Stelle, deren Tiefe man mit 43,000 Fuß noch nicht ergründet hatte; Tiefen von 24,000 Fuß sind sehr häufig gemessen, aber schon bei 22,000 Fuß würde die Luft, z. B. in einer Blase da hinab gebracht, so zusammengedrückt sein, daß sie schwerer wäre als das Wasser, worin sie sich befindet. Wie wird sich nun die Blase verhalten, wenn sie in solche Tiefe gebracht wird? Siegt die Elasticität über den Druck und steigt sie aufwärts, sich immerfort ausdehnend, oder sinkt sie weiter unter und selbst durch einen mechanischen Druck aus der Blase, aus der Umhüllung vertrieben, was geschieht mit ihr? Es ist beinahe so, als müßte man antworten, „die Luft wird sich dann im Wasser so verhalten: sie wird tropfenweise durch das Wasser hindurch bis auf den Boden des Meeres sinken, fortdauernd einen kleineren Raum einnehmend, bis ihr Ziel erreicht ist."

Schade daß Niemand dies mit ansehen kann — was helfen uns alle Taucherglocken, so lange wir nicht weiter als etwa 90 Fuß tief damit gehen können?

Das Mariotte'sche Gesetz gilt, so wie für die Verdichtung, auch für den umgekehrten Fall; bei halbem Druck dehnt sich die Luft auf das Doppelte aus, bei einem Drittheil des Druckes auf das Dreifache und so fort; dies hat man auf zwei Wegen erforscht, experimental durch lange Glasröhren, welche man mit Quecksilber füllte, etwas Luft hineintreten ließ und nun zusah, wie weit dieselbe sich ausdehnte bei steigender Verlängerung der Quecksilbersäule, oder durch Besteigung von Bergen, indem man zusah, wie der Stand des Barometers sich verhalte bei steigenden Höhen, für beide Fälle hat man das obige Gesetz bestätigt gefunden und man macht daher auch noch jetzt alle Berechnungen nach diesem Gesetze allein.

Was hier über die Zusammendrückbarkeit der Gase gesagt worden,

Digitized by Google

gilt nur für die permanenten Gase, für diejenigen, welche bei jeder Temperatur und bei jedem Druck gleich elastisch bleiben; man rechnet jetzt nur Wasserstoff-, Sauerstoff- und Stickstoffgas hierher. Diejenigen, welche man coercible oder zusammendrückbare Gase nennt und wozu eine große Menge von Gasen gehört, die man früher für permanent hielt, das schwefligsaure Gas, das Ammoniakgas, die Kohlensäure ꝛc. unterliegen den obigen Gesetzen nur in sehr beschränkter Weise, eben weil sie zusammendrückbar sind, d. h. weil sie sich durch starken Druck in Flüssigkeiten verwandeln lassen, was mit den drei obigen erstgenannten noch nicht gelungen ist, obwohl Perkins behauptet, die atmosphärische Luft unter einem sehr starken Druck in eine Flüssigkeit verwandelt zu haben.

Eine dritte Gattung von Gasen wird von der Berzelius'schen Schule nur sehr uneigentlich so genannt, es sind die Dämpfe, denen das Kennzeichen der Gase, die Unzusammendrückbarkeit fehlt, die Physiker sprechen daher auch nicht von Wassergas, sondern von Wasserdampf. Auf diese elastischen Flüssigkeiten sind die Mariotte'schen Gesetze gar nicht anwendbar, sie verwandeln sich sogar ohne allen Druck in Flüssigkeiten bloß durch Temperaturerniedrigung. Von diesem aber abgesehen verhalten im Uebrigen die Dämpfe sich wie die Gase und sie sind in unsere Betrachtungen mit hineingezogen.

Es fing ein alter Schriftsteller über Geographie seine Abhandlung von dem Meere damit an, daß er bewies, daß es ein Meer giebt und schon längst gegeben habe, denn falls es zur Zeit der Griechen keins gegeben hätte, so würde es auch keine Seeschlacht bei Salamis, und falls es zur Zeit der Pharaonen kein Meer gegeben hätte, so würde es auch keinen Durchgang der Kinder Israels durch das rothe Meer gegeben haben. Den Beweis, daß es Luft gebe, werde ich nicht zu führen brauchen, meine geehrten Leser werden mir denselben erlassen, denn daß sie und ich leben, ist Beweises genug für das Vorhandensein der Luft.

Anders ist es mit der Materialität derselben. Gewöhnlich sagt man von einem Glase, einer Flasche, in welcher sich keine Flüssigkeit befindet, „sie sind leer." Nein sie sind nicht leer, in der Flasche wie in dem Glase ist Luft; „nun ja Luft, was ist das? Nichts!" Nein, geehrter Leser, es ist Etwas, es ist ein Körper, es wiegt, es übt Gewalt aus.

Die Fig. 501 (S. 230) zeigt uns eine ungleich belastete Waage, auf der einen Seite hängt eine möglichst große Hohlkugel von dünnem, aber fest geschlagenem Kupfer; sie ist völlig luftdicht, ist mit Luft gefüllt und wird durch die kleine Kugel am anderen Ende des Waagebalkens in's Gleichgewicht gebracht. Man entfernt nun die Luft aus ihr durch die

Digitized by Google

Fig. 501.

Luftpumpe, von welcher wir bald das Nöthige beibringen werden, und man wird finden, daß sie leichter geworden ist, oder man stellt die ganze Waage unter die Glocke einer Luftpumpe und entfernt die Luft aus dieser (dies ist es, was die Figur zeigt) und man wird nunmehr die große Kugel sinken sehen, weil dasjenige, was ein Theil derselben trug, verursachte, daß sie nicht mit ihrem vollen Gewicht auf die Wageschale drückte — weil die Luft hinweg genommen wurde. Es ist dasselbe Experiment, wie mit dem Abwägen im Wasser (S. 185), welches auch so viel von dem Gewichte des Körpers in Abzug bringt, als die Quantität Wasser wiegt, welche der Körper verdrängt. Genau eben so verhält es sich hier, der Körper wiegt um so viel weniger wie im luftleeren Raum, als die Luft wiegt, welche er im luftvollen Raume verdrängt.

Soll bloß das Experiment im luftleeren Raum gemacht werden, so kann die große Kugel von Glas sein, sie muß aber alsdann immer luftleer sein, weil sonst, bei Hinwegnahme der äußeren Luft, die in der Kugel eingeschlossen, diese zersprengt werden würde.

Will Jemand eine offene Flasche unter Wasser tauchen, um sie zu füllen und zwar mit der Mündung nach unten, so wird ihm sein Vorsatz wohl schwerlich gelingen, auf der Unmöglichkeit, dieses zu vollbringen, beruht wiederum die Möglichkeit sich in einer Taucherglocke unter den Wasserspiegel, unter den Meeresspiegel hinabzulassen, denn die Taucherglocke ist nichts weiter als ein umgestülptes Gefäß, welches vermöge seiner Schwere in das Wasser sinkt (natürlich von Ketten getragen, damit die Mündung nach oben kommen kann) und einem oder ein paar Menschen die Möglichkeit verschafft, trockenen Fußes auf dem Meeresboden zu wandeln; denn die Luft, welche darin ist, verhindert das Eindringen des Wassers um so mehr, als von oben herab durch Schläuche und eine starke Luftpumpe immer neue Luft nachgeschickt wird.

Aber welch' eine Materie, welch' eine gewaltige Substanz ist diese Luft, 200 Jahre braucht der Eichbaum, um zu wachsen und zu erstarken, einen Augenblick braucht die Luft, um ihn, die Krone erfassend, aus seinen Wurzeln zu drehen und ihn tausende von Schritten wegzuführen. Jahre lang haben hunderte von Händen an einem stolzen Riesenbau gearbeitet, den man Kriegsschiff nennt, mit 100 Kanonen vom schwersten Kaliber ist es bewaffnet, 800 Matrosen und 1000 Seesoldaten gehen, auf seine Festigkeit, auf seinen

Digitized by Google

unverwüstlichen Bau, auf seine Unbesiegbarkeit vertrauend, damit in See, ein Sturm und die zwei Ellen dicken Massen zersplittern wie Rohr, die schweren Segel werden zerfetzt wie leichter Flor, wenn ein leichtfertiges Kind damit durch eine Dornenhecke läuft. — Eine ganze Flotte solcher Kolosse kommt unter Philipp's II. blutdürstiger Regierung, um das dem Könige vom Pabst geschenkte England in die Tasche zu stecken — „Gott der Allmächtige blies und die Armada flog nach allen Winden," d. h. 70 Schiffe mit 10,000 Mann gehen zwischen der norwegischen und englischen Küste unter und Spaniens Kriegsmacht war für immer gebrochen.

Soll man das nicht für einen Körper erkennen, was die festesten Gebäude auf dem Lande, mit Strebepfeilern, als ob man thurmhohe Kirchenmauern daran lehnen wollte, in einem Augenblick von der Erde hinwegbläst, als wäre es Spreu, soll man das nicht einen Körper nennen, was eine Festungskanone 1000 Schritte weit fortschleudert, was eine Fregatte von 60 Kanonen mit allen Vorräthen und Bewohnern aufhebt und zwischen zwei Häuser in Barbados auf die Dächer beider niedersetzt, sie und sich in den eigenen Schutt begrabend. Und das sind nicht besondere Wunder, das sind die Verrichtungen der Orkane auf den Antillen und im indischen Ocean, welche alljährlich wiederkehren und die Luft ist es, die dies thut, so wie sie auch willig das Schiff, das wir ihr übergeben, den Strom hinauf zieht, trotz sechs Pferden, oder über den Ocean führt, wenn sie bei Laune ist, oder uns das Korn zum Brodte, den Weizen zur Semmel, den Leinsamen zur Oelgewinnung malt — da muß doch Körper, Substanz sein, so sehr manche Leute sich dagegen wahren. Bedürfte es aber noch einmal eines Beweises, so wäre er in den vielen Prozessen zu finden, welche die Haushaltung wie die Technik, die Chemie täglich vornehmen und wobei man einzelne Stoffe der Luft unaufhörlich verbraucht, sei es nun, um durch den Sauerstoff derselben die Flamme zu nähren oder Metalle zu oxydiren, oder Säuren zu bilden, welche Prozesse alle nicht möglich wären ohne die Stofflichkeit der Luft.

Würden alle diese Erscheinungen nicht stattfinden, so wäre man allerdings zu entschuldigen, wenn man die Luft nicht gerade für einen Körper, eine Substanz wollte gelten lassen, denn sie macht sich sonst wenig bemerkbar, sie hindert uns nicht am Gehen und am Laufen, wir athmen sie ohne Beschwerde, sie kann nicht gesehen werden, auf große Entfernungen erst nimmt man an der helleren blauen Färbung der Wälder wahr, daß zwischen diesen und unserem Auge sich etwas gelagert hat, das wir in einem Glase oder über die Breite einer Straße, eines Platzes durchaus nicht wahrnehmen und daher ist es auch ganz natürlich, die Kinder ungläubig den

Digitized by Google

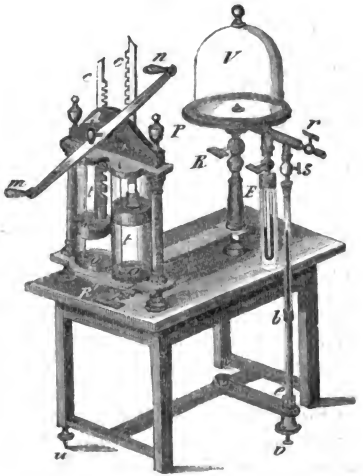
Kopf schütteln zu sehen, wenn sie zuerst lernen sollen, daß die Luft ein Körper sei.

Die Luftpumpe.

Die Luft läßt sich verdünnen und verdichten, das Instrument, welches wir dazu brauchen, heißt Pumpe, bei beabsichtigter Verdünnung Luftpumpe, bei beabsichtigter Verdichtung Compressionspumpe. Fig. 502 stellt die erstere, Fig. 504 die andere dar.

Auf einem massiven Tische, dessen einer Fuß wo möglich durch eine starke Schraube *a* zu verlängern oder zu verkürzen ist, damit auch auf etwas

Fig. 502.



ungleichem Boden derselbe vollkommen feststehe, sieht man die Doppelpumpe *tt*, deren Cylinder aus Glas sind, was man gegenwärtig sehr häufig findet, weil dadurch das Spiel der Kolben und der Ventile sehr anschaulich wird.

Digitized by Google

Die Cylinder werden unten und oben zwischen breite Metallplatten gebracht, die auf beiden Seiten stehenden Säulen und die darüber stehenden Urnen dienen dazu, um sie fest gegen einander zu drücken. Im Innern jedes Cylinders befindet sich ein Stempel, der den Cylinder genau ausfüllt, luftdicht daran schließt *t*, er ist mit einer Zahnstange *tc* versehen.

In dem Aufsatz *A*, welcher über den Cylindern steht, befindet sich ein Zahnrad, welches beiderseitig in die Zahnstangen eingreift. Durch den doppelarmigen Hebel *mn* kann man dieses Rad beliebig bald rechts, bald links drehen und man bewirkt dadurch, daß, wenn der Stempel auf der rechten Seite ganz oben steht, der auf der linken Seite laufende den Boden erreicht hat.

Am Boden dieser beiden Cylinder sind Ventile *oo*, welche sich nach innen öffnen. Indem der eine Stempel steigt, gestattet das ihm zugehörige Ventil der Luft von außerhalb des Cylinders den Zugang, es verschließt aber zugleich der niedergehende Stempel des anderen Cylinders das in diesem befindliche Ventil und es verdichtet sich die zwischen dem Stempel und dem Boden befindliche Luft. Diese Verdichtung bewirkt, daß ein im Stempel befindliches Ventil sich öffnet und der unter demselben befindlichen Luft Austritt gestattet. So steigt und sinkt abwechselnd bald dieser, bald jener Stempel und allemal gestattet der steigende der außerhalb befindlichen Luft das Eindringen und der sinkende das Austreten der unter ihm befindlichen Luft.

Es handelt sich nun darum, diese Wirkung gemeinschaftlich als Nutzeffect auf irgend etwas zu übertragen, deshalb führt man in der Platte, auf welcher die Glascylinder stehen, einen Kanal von einem Ventil *o* zum anderen *o*, zwischen beiden aber eben aus diesem Kanal einen anderen rechtwinklig nach dem Ständer *E*, welcher gleichfalls ein Kanal, d. h. welcher durchbohrt ist, solchergestalt, daß nun sowohl von dem einen als von dem anderen Ventil ein freier und offener Weg hergestellt ist zu dem Endstücke des letzteren Kanals *E*, der Säule, auf welcher der Teller *P* steht. Bei *R* ist ein Hahn, mittelst dessen man diesen Weg verschließen kann.

Ueber den Teller stülpt man eine Glasglocke, deren unterer Rand etwas breit und so sorgfältig abgeschliffen ist, daß ein wenig Talg genügt, um ihn bei gelindem Druck vollkommen luftdicht auf dem Teller *P* zu befestigen. Ist nun der Hahn *R* so gestellt, daß er die Verbindung zwischen dem Kanal und den Cylindern nicht absperrt, so bewirkt jeder Aufgang eines der beiden Stempel das Austreten der Luft aus der Glocke in den Cylinder, jeder Niedergang eines solchen Stempels das Austreten der aufgesogenen Luft durch den Stempel und man wird schon nach den ersten paar Zügen

Digitized by Google

Glocke und Teller wie zusammengewachsen finden, nach und nach aber dahin kommen, die Glocke des größten Theiles ihres Inhaltes zu entleeren. Diese Operation nennt man Evacuiren.

Wie weit man mit der Entleerung gekommen ist, giebt ein ganzes oder ein verkürztes Barometer an, Letzteres ist in *E*, Ersteres in *sbev* sichtbar. Unter dem Teller der Luftpumpe befindet sich eine Röhre, welche mit derjenigen communicirt, welche unter die Glocke der Luftpumpe führt. An dieser Röhre befindet sich ein Ansatz von Messing mit einem Hahn *E*, an diesen ist eine heberförmig gebogene Glasröhre angekittet, deren einer Schenkel verschlossen und ganz mit Quecksilber gefüllt ist, indessen der andere offen und an dem Ansatz *E* angekittet ist. Wenn nun die Luft aus der Glocke gezogen wird, so wird sie auch aus der Röhre gezogen, die mit derselben in Verbindung steht; anfangs wird man hiervon nichts wahrnehmen, wenn aber die Verdünnung einen gewissen Grad erreicht hat, so beginnt das Quecksilber in dem damit gefüllten Schenkel zu sinken und einen luftleeren Raum hinter sich zu lassen, in der mit Luft gefüllten Röhre dagegen steigt das Quecksilber und der Unterschied zwischen dem Stande des Quecksilbers in den beiden Röhren giebt das Maß der Verdünnung; beträgt der Unterschied 7 Zoll, so ist die Verdünnung auf $\frac{1}{4}$ gekommen, beträgt er nur einen Zoll, so ist sie bereits auf $\frac{1}{28}$ gestiegen, beträgt sie nur eine Linie, so ist sie bis auf $\frac{1}{336}$ gestiegen, etwas, bis wohin es wohl noch niemals gebracht worden, was aber dennoch immer noch nicht luftleer genannt werden könnte. Man begnügt sich gewöhnlich mit dem Verdünnen bis auf den 60sten Theil, so daß der Unterschied des Quecksilberstandes in den beiden Röhren ungefähr $\frac{1}{4}$ Zoll beträgt, allerdings ist es möglich, denselben bis auf 2 Linien herabzubringen, dann aber muß die Luftpumpe eine andere Einrichtung haben, sie darf keine Ventil-, sie muß eine Hahnpumpe sein. Von dieser alsbald ein Näheres, nur wollen wir noch vorher die zweite Meßvorrichtung betrachten.

Diese besteht aus einer etwa $2\frac{1}{4}$ Fuß langen Glasröhre, gerade, an beiden Seiten offen und so wie die vorige in dem Ansatz *E* eingekittet; sie hat bei *s* einen Hahn, auch gleich dem anderen, um die Luft abschließen zu können. *sbe* ist die Glasröhre, welche bei *e* in dem offenen Gefäß *ev* steht, das auf irgend eine Weise an dem Fuß des Tisches befestigt ist. Dieses Gefäß ist voll Quecksilber und die Röhre ist leer, sie enthält nur Luft.

Sobald die Arbeit an der Luftpumpe beginnt, wird die Luft nicht nur unter der Glocke, sondern in allen damit zusammenhängenden Theilen, also auch in der Röhre *be* verdünnt. Diese Röhre steht aber in einem Gefäß

Digitized by Google

mit Queckſilber, auf deſſen äußere Fläche die Atmoſphäre mit ihrem ganzen Gewicht drückt, indeß innerhalb der Röhre dieſer Druck vermindert wird; um nun in's Gleichgewicht zu kommen, ſteigt das Queckſilber dahinein und je ſtärker die Luft verdünnt wird, deſto höher ſteigt das Queckſilber, denn es muß im Inneren ein ſo ſtarker Druck ſtattfinden, als außerhalb der Röhre, und wo die Luft dieſen nicht übt, da kommt das Queckſilber zu Hülfe. Wird nun der Raum, welcher mit der Glocke zuſammenhängt, ſammt dieſer luftleer, ſo muß das Queckſilber in der Röhre ſo hoch ſtehen, wie zur ſelben Zeit in einem Barometer und der Unterſchied zwiſchen den Standhöhen beider iſt das Maß der Luftverdünnung: beträgt der Unterſchied einen Zoll, ſo iſt die Verdünnung bis auf ½ geſtiegen, beträgt er nur ½ Zoll, ſo geht ſie bis auf ½.

Bei *r* ſieht man noch eine Fortſetzung des Rohres, an dem eine oder die andere der eben beſchriebenen Vorrichtungen hängt, ſie hat gleichfalls einen Hahn und dient, um beliebig Luft unter die Glocke der Luftpumpe zu laſſen.

Wenn wir nun eine Hahnluftpumpe haben wollen, ſo unterſcheidet ſie ſich im Ganzen wenig von der hier beſchriebenen, die wir daher auch im Uebrigen beibehalten können, nur haben wir bei *o* nirgends Ventile, auch die Stempel haben deren keine, ſondern die Zuleitungen zu den Cylindern bei *o* ſind durch Hähne geſchloſſen, deren einer bei *R'* gezeichnet, vergrößert aber in Fig. 503 gegeben worden iſt.

Fig. 503.

Wir ſehen in dieſer Zeichnung den abwärts gehenden Kanal *o*, den gegenwärtig der Hahn verſchließt; ſo muß er geſtellt werden, nachdem der Stempel in dem Cylinder der Luftpumpe ſeine größte Höhe erreicht hat. Der Stempel ſoll nun wieder herunter — wohin aber mit der Luft, da er, der Stempel, kein Ventil hat? Von dem Kanal *o* ſieht man durch den Verſchluß des Hahnes eine ſehr ſchwache, gekrümmte Bohrung unten hinausgehen, welche durch einen Stift verſchloſſen iſt; nimmt man den Stift heraus, ſo kann die unter dem abwärts ſteigenden Stempel befindliche Luft aus dieſem Röhrchen entweichen. Eben ſo geſchieht es bei dem anderen Stempel. Da nun aber ein Stempel immer ſteigt, während der andere fällt, ſo muß auch der eine Hahn (und zwar der dem ſteigenden Stempel zugehörige) ſtets ſo geſtellt ſein, daß die bei *c* ſichtbare Oeffnung des Hahnes in der Fortſetzung von *o* liegt, der Hahn muß alſo offen ſein

Digitized by Google

und die Verbindung zwiſchen dem Cylinder, dem er angehört und der Glocke der Luftpumpe geſtatten, indeß der andere Hahn ſo geſtellt wird, daß er dieſe Verbindung abſchneidet.

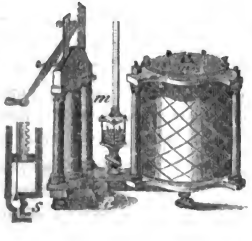
Hier iſt es möglich eine ſehr viel höhere Verdünnung hervorzubringen, weil eine ganz freie Communication zwiſchen den Theilen der Luftpumpe ſtattfindet, bei der vorhin beſchriebenen Art war immer ein Ventil aufzuſtoßen, dies geſchieht am Anfange ganz leicht, allein wenn die Verdünnung einmal bis auf einen gewiſſen Grad gediehen iſt, ſo iſt die Elaſticität derſelben auch ſo verringert, daß ſie den nöthigen Druck gegen die Ventile nicht mehr ausüben will. Allerdings haben die franzöſiſchen Ventilpumpen eine Abhülfe, man kann die Ventile von außen heben, indem ſie einen Stift *o t* haben, der durch den Stempel hindurch luftdicht in einer Stopfbüchſe läuft und oben außerhalb der Deckplatte des Cylinders gefaßt werden kann, allein bedarf man einmal ſolcher Nachhülfe, ſo ſind die Hahnpumpen doch viel ſicherer — der einzige Vortheil der Ventilpumpe iſt, daß man raſcher bis zu einem gewiſſen Ziel gelangt, indem man ſich um die Ventile gar nicht kümmert — muß man dieſes doch — nun ſo nimmt man das Beſſere, den Hahn.

Man ſieht leicht, wie man beide Hähne unter den Stempeln durch eine gegliederte Stange gleichzeitig bewegen, mit demſelben Zuge den einen ſchließen, den anderen öffnen kann, eben ſo leicht iſt einzuſehen, daß man ſtatt zweier Hähne nur einen anzuwenden braucht, wenn man ihn gerade an die Stelle bringt, wo die beiden Canäle von den Stempeln ſich in den einen zur Glocke laufenden ergießen.

Compreſſionspumpe.

Bevor wir weiter gehen, wollen wir uns auch noch diejenige Pumpe betrachten, mit welcher man die Luft zuſammendrücken kann, ſie iſt in Figur 504 dargeſtellt, und unterſcheidet ſich von der erſteren vorzugsweiſe durch die Stellung des Ventils, welche wir nebenbei in *S* abgebildet ſehen. Dort befindet ſich ein Theil des einen Cylinders, welcher hier immer von Metall (nicht von Glas) zu ſein pflegt. Der Stempel mit der Zahnſtange führt zugleich das Ventil, welches, wie die Figur 504 zeigt, beim Herabgehen geöffnet

Fig. 504.



wird, also der unter dem Stempel befindlichen Luft gestattet, durch den Canal *S* auszufließen. Sobald der Stempel gehoben wird, zieht er das Ventil in die Höhe und schließt der nach *S* fortgetriebenen Luft den Rückweg ab, wohl aber gestattet ein anderes Ventil im Stempel der äußern Luft den Zutritt unter den Stempel, wodurch sich dieser Raum wieder füllt und die unter dem Stempel von neuem angesammelte Luft beim Niedergange desselben wieder durch das untere Ventil nach *S* entweichen kann. Hierbei sind Ventile vollkommen ausreichend, ja besser als Hähne, denn sie werden durch den stärker werdenden Druck immer fester geschlossen, was man bei den Hähnen unter sehr hohem Druck nicht mehr sagen kann.

Wie bei der Entleerungspumpe führt von beiden Cylindern ein gemeinschaftlicher Weg nach der Glocke — diese ist aber, wie wir sehen, von ganz anderer Beschaffenheit als die erste, sie besteht aus einem Cylinder von möglichst starkem, 1 Zoll dickem Glase, welches sehr zähe, sehr wohl gekühlt sein muß.

Oben und unten sorgfältig abgeschliffen, wird dieses Glas auf einen starken Metallteller gesetzt und von einem eben solchen bedeckt, welche beide gleichfalls auf das Ebenste abgeschliffen sein müssen. Diese Teller haben ein oder mehrere Vorsprünge, durch welche metallene Stäbe gesteckt werden, die man oben und unten durch Schrauben sehr gleichmäßig anzieht, wodurch es möglich wird, der in diesen Cylinder hineingepreßten Luft den Ausgang zu verwehren. Endlich umgiebt man den Cylinder noch mit einem starken Drahtnetz, damit, wenn er etwa zertrümmert werden sollte, die Stücke nicht weit umher fliegen können.

In älteren Zeiten hat man mit solchen Apparaten mehrerlei Versuche an lebenden Thieren gemacht, um zu sehen, unter welchem Drucke sie noch leben können, man ist nicht zu sehr bestimmten Resultaten gekommen und hat sie auch aufgegeben, in neuerer Zeit ist man ganz davon abgestanden.

Um messen zu können, welche Verdichtung stattgefunden hat, bedient man sich einer Vorrichtung *m*, aus einem kleinen sehr starken Glascylinder bestehend, welcher äußerlich behandelt ist wie der große, zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt wird, und in dessen oberem Deckel ein Glasrohr sehr sorgfältig und luftdicht eingekittet ist. Dieses Gefäß steht durch den Hahn *R* mit dem Kanal in Verbindung, durch welchen die Luft aus den Pumpenstiefeln in den großen Cylinder gepreßt wird, sie gelangt nun auch in den kleinen, und drückt auf das Quecksilber, und dieses sucht durch die Röhre zu entweichen, da diese aber verschlossen ist, so drückt das Quecksilber die darin enthaltene Luft so stark zusammen, wie von Außen auf seine Fläche gedrückt wird. Ist die Röhre 1 Fuß lang, und steht das Quecksilber (welches

Digitized by Google

vorher inner- wie außerhalb der Röhre gleich hoch ſtand) jetzt darin 6 Zoll hoch, ſo iſt die Luft auf die Hälfte zuſammengedrückt, d. h. ſie ſteht unter einem Druck von zwei Atmoſphären, iſt ſie auf ein Drittel, ein Viertel zuſammengedrückt, ſo ſteht ſie unter einem dreifachen, vierfachen Druck.

Experimente mit der Verdünnung der Luft.

Wir wollen nun ſehen, was ſich mit dieſem Inſtrumente machen, was ſich dadurch beweiſen läßt.

Fig. 505.

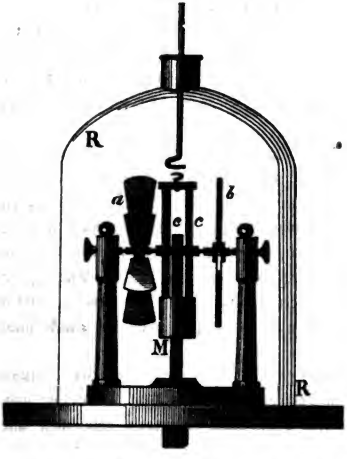


Fig. 506.

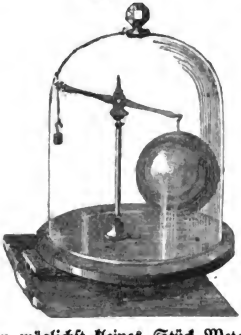
Daß die Luft ein Widerſtand leiſtender Körper ſei, haben wir bereits S. 149 geſehen, wo die hier wiederholte Fig. 505 beſchrieben und ihr Gebrauch erklärt worden iſt. So wie hier die vorhandene Luft das eine Paar Flügel durch ihren Widerſtand zum früheren Aufhören bringt als das andere, ſo werden unter der Glocke einer Luftpumpe, wo dieſer Widerſtand hinweggenommen worden iſt, die beiden Paare von Windflügeln doch gleich lange laufen. Ebenſo haben wir geſehen, daß die Luft einen leichten Körper von großer Oberfläche in ſeinem Fall mehr aufhält wie einen ſchweren

Digitized by Google

Körper mit geringer Oberfläche, wir haben aber eben daſelbſt (S. 150) auch geſehen, daß, ſobald die Luft hinweggenommen wird, der Fall beider Körper gleich ſchnell geſchieht, welches wir auch ebendaſelbſt durch ein viel einfacheres Experiment bewieſen haben.

Ebenſo ſehen wir auch das bereits angeführte Inſtrument, welches Otto von Guerike erfunden, und in einem Briefe vom Jahre 1661 beſchrieben hat (obwohl der Engländer Boyle daſſelbe im Jahre 1664 thut, und ſich geradezu als den Erfinder nennt), bei verdünnter Luft ſich anders verhalten als bei dichterer, ja dies iſt ſo ſehr der Fall, daß es eigentlich einer Luftpumpe gar nicht bedarf, um dies zu zeigen.

Fig. 507.



Man macht die große Kugel aus Kupfer oder Meſſing, etwa 1 Fuß im Durchmeſſer, macht ſie möglichſt luftleer, und hängt ſie nun an einem empfindlichen Waagebalken auf, an welchem ſie durch ein möglichſt kleines Stück Metall (Platina wäre am geeignetſten dazu, da es jedoch zu theuer iſt, wählt man das wohlfeilere, Blei), im Gleichgewicht gehalten wird. Dies möglichſt klein, iſt eine Bedingung, daſſelbe muß, im Verhältniß zum Umfange der Kugel, als verſchwindend betrachtet werden können, denn es ſoll, in der Luft gewogen, unter allen Umſtänden gleich ſchwer bleiben, was um ſo weniger der Fall iſt, je größer ſein Volumen iſt. Die Kugel hat nun das größtmöglichſte Volumen, bei möglichſt geringem Gewicht, auf ſie hat die Luft, in welcher ſie gewogen wird, Einfluß, wird die Luft dichter, ſo muß ſie weniger wiegen, wird ſie dünner als zur Zeit ihrer Ausgleichung der Barometerſtand zeigte, ſo wird die Kugel ſchwerer, oder was daſſelbe iſt, ſie wird in dieſem letzten Falle weniger von der Luft getragen, als in dem erſten Falle — man wiegt ſomit einen großen Körper in der Luft ab, wie wir früher gelernt haben, einen kleinen Körper im Waſſer abwiegen — dies Waſſer raubte dem Körper einen Theil ſeines Gewichts, ganz eben ſo macht es die Luft gegen die Kugel, ſie macht einen Kubikfuß um 3 Loth leichter, als er im luftleeren Raume ſein würde. — Die Frage, was iſt ſchwerer, ein Pfund Federn oder ein Pfund Blei, iſt daher gar nicht ſo unſinnig, als man gewöhnlich glaubt, nur muß ſie anders beantwortet werden, als der Gefoppte zum Gelächter aller der gelehrten und aufgeklärten Frager, welche ſich für eingeweiht in das große Geheimniß

Digitized by Google

halten, sie beantwortet — nicht ein Pfund Blei ist schwerer als ein Pfund Federn (man soll antworten, Beides wiegt gleich viel), sondern umgekehrt, ein Pfund Federn ist schwerer, und zwar bedeutend! nimmt ein Pfund Federn 1 Kubikfuß ein, so wird dieser von der Luft so sehr unterstützt, daß er im luftleeren Raum 3 Loth mehr wiegen würde, als er jetzt zu wiegen scheint, diese 3 Loth sind der Ausdruck des Gewichtes der Luft, den der einen Kubikfuß große Körper verdrängt.

Ist nun aber Wasser in seiner Dichtigkeit bei gleicher Temperatur unveränderlich, so ist dieses keineswegs der Fall mit der Luft, ihre Dichtigkeit wechselt. Daher ist nun das oben beschriebene Instrument ein Manometer, ein Dichtigkeitsmesser. Es wird die große Kugel sinken und steigen, wie die Dichtigkeit der Luft sich verändert, und wenn man sich einmal auf die Sprache dieses Instrumentes eingeübt hat, so wird es seiner guten und genauen Angaben wegen sehr nützlich, trotz dessen ist es veraltet zu nennen, und wird nur noch in kleinem Maßstabe gebraucht, um, wie die Fig. 507 zeigt, unter einer Glocke der Luftpumpe, zum Beweise der Anwesenheit einer wiegenden und die darin schwimmenden Körper unterstützenden Substanz, der Luft.

Die Luftpumpe wird uns ferner lehren, daß die Atmosphäre von allen Seiten drückt. Wir sehen auf dem Teller der Luftpumpe eine Flasche stehen, deren Boden abgeschnitten und abgeschliffen ist, so daß er genau auf dem Teller paßt. Die obere Oeffnung dieses Glases ist mit einer Thierblase bedeckt (deren Inneres bei diesem Versuche immer nach außen gekehrt sein muß), und naß angezogen, ist sie rundum in der Schnürung des Halses durch mehrfach umgeschlungenen Bindfaden befestigt.

Fig. 508.

Wenn man den so vorbereiteten Apparat trocknen läßt, und man die Luft aus demselben auszieht, so vertieft sich die obere mit Blase bespannte Fläche schüsselförmig, und endlich platzt dieselbe mit einem tüchtigen Knall, indem die Luft mit großer Heftigkeit in den verdünnten Raum hinein schlägt. Man sieht neben diesem Apparat einen zweiten, eigenthümlich gebogenen — er wird entweder aus Metall getrieben, oder nach einem Model auf einer Glashütte bestellt, und soll nur dazu dienen, um zu beweisen, daß der Druck eben so gut von der Seite her als von oben stattfindet, denn so wie die Fig. 508 zeigt, mit Blase bespannt, wird auch die Seitenfläche eingedrückt.

Die Fig. 509 S. 241 zeigt die magdeburgischen Halbkugeln, so ge-

Digitized by Google

nannt, weil Otto von Guerike, Bürgermeister in Magdeburg, dieselben erfunden hat, und die Wirkung des Luftdruckes auf diese, in Gegenwart Kaiser Ferdinand III. und vieler deutschen Fürsten, auf dem Reichstage zu Regensburg im Jahre 1654 zeigte. Diese Halbkugeln sammt der dazu gehörigen Luftpumpe befinden sich auf der Königl. Bibliothek zu Berlin, und da sie wenig mehr als 1 Fuß im Durchmesser haben, doch bei jenem hoch berühmt gewordenen Experiment 16 Pferde nöthig waren, um sie aus einander zu reißen, so giebt dies ein sehr anschauliches Bild von dem Druck der Luft, welcher auch wirklich, vorausgesetzt die Durchschnittsfläche hätte 1½ Quadratfuß gehabt und die Kugeln seien möglichst luftleer gemacht gewesen, circa 3000 Pfund betragen haben würde. Da aber 16 Pferde sie aus einanderreißen konnten, so ist das ein Beweis, daß sie lange nicht luftleer waren. 8 Pferde muß man hinweg denken, d. h. die ganze Bespannung einer Seite, statt deren ist die Kugel an einem Widerstand leistenden Pfahl, Pfeiler, oder dergleichen befestigt — an der anderen Seite wird gezogen. Betrug nun der Druck wirklich 3000 Pfund, so würde man hier 15 Pferde, oder wenn sie besonders stark gewesen wären, doch 10 Pferde gebraucht haben, denn mehr wie 300 Pfund zieht kein Pferd im horizontalen Zuge — daß es auf einem Wagen 20 Centner zieht, ist etwas anderes — da wird die Last getragen und das Thier hat nur die Reibung der Nabe an der Axe und des Radkranzes an der Erde zu überwinden.

Fig. 509.

Man treibt die Versuche jetzt nicht mehr so in's Große, allein man macht sie doch überzeugend genug. Die Figur 509 zeigt einen solchen Apparat an einen starken Haken aufgehängt. Gesetzt, die Fläche, welche der Kranz in der Mitte angiebt, habe 36 Quadratzoll, d. h. ½ Fuß im Quadrat oder ¼ Quadratfuß, *) so wird, falls die Kugel beinahe luftleer ist, eine Kraft von 5 Centnern nöthig sein, um die untere Halbkugel

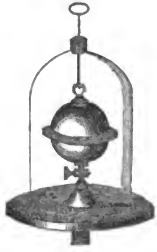
*) Man darf nicht übersehen, daß diese beiden Maße dasselbe sagen, ½ Fuß im Quadrat ist nicht ½ Quadratfuß — der erstere hat 36 Quadratzoll, der andere 72, wohl aber ist ¼ Quadratfuß gleich ¼ Fuß Quadrat, beide haben 36 Quadratzoll — aber ¼ Quadratfuß ist viel größer als ¼ Fuß im Quadrat, denn jener hat 36 Quadratzoll, dieser nur 9.

Digitized by Google

von der oberen zu trennen. Daß es jedoch bloß der Druck der äußeren Luft sei, welche diese Halbkugeln so gewaltig zusammendrückt, ist leicht zu beweisen.

Man nehme die Gewichte ab und bringe die Halbkugeln, zusammenhängend wie sie sind, unter die Glocke einer Luftpumpe, welche eine Stopfbüchse hat, an deren Draht man die Halbkugeln hängt. Es ist dabei gut, wenn man die untere Hälfte mit einem Fuß versieht, so daß dieselbe auf dem Teller der Luftpumpe stehen kann und nicht umfällt, wobei man immer Gefahr läuft, daß die Glocke zerschlagen werde.

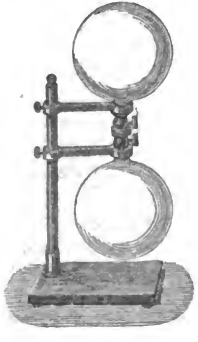
Fig. 510.



So an der Stopfbüchse hängend, und mit der Möglichkeit auch auf dem Teller zu stehen, wird die Kugel erhalten, während die Luftpumpe in Thätigkeit ist. Es wird nunmehr rund um die Kugel dasjenige hinweggenommen, was die Halbkugeln an einander hält, nämlich die Luft. Das Band, welches sie verbindet, die Feder, die von allen Seiten auf sie drückt, wird immer lockerer und schwächer — endlich ist innerhalb der Kugel und außerhalb derselben die Luft in gleichem Grade verdünnt — nun setzt man die Arbeit noch fort, und alsbald ist die Luft außerhalb der Glocke dünner als in derselben, sie wirkt hindernd nach außen, die untere Hälfte der Kugel sinkt nieder und steht, gesondert von der oberen, auf dem ihr zugetheilten Fuße.

Die Luft verbreitet sich durch alle mit einander verbundenen Räume auf völlig gleiche Weise und mit völlig gleichem Druck. Wenn man eine Glocke leer gepumpt hat und man öffnet den Hahn, welcher zu den Verbindungsröhren zwischen der Glocke und den Stiefeln führt, so strömt die äußere Luft ein; ist der Raum beschränkt, nicht der allgemeine Luftraum, sondern ein abgeschlossener, so theilt sich die vorhandene Luftmasse auf das Genaueste. Fig. 511 zeigt zwei gleich große Glaskugeln, deren eine luftleer gepumpt worden, die andere aber mit Luft erfüllt geblieben ist; man schraubt nun dieselben zusammen, wie die Fig. 511 zeigt, so strömt beim Oeffnen der beiden Hähne die Luft aus der erfüllten in die entleerte und theilt sich zwischen beiden vollkommen gleich. Ver-

Fig. 511.



Digitized by Google

ſchließt man nun wieder die beiden Hähne, ſo hat man in jeder der beiden Kugeln die Hälfte der vorher in der einen Kugel enthaltenen Luft. Will man dieſes prüfen, ſo ſchraubt man die beiden Glasgefäße aus einander, und bringt eins nach dem anderen mit einer Barometerprobe in Verbindung, wie wir deren zwei bei Beſchreibung der Luftpumpe angeführt, und man wird ſehen, daß die Luft auf dieſelben ganz gleich wirkt, welche Kugel man auch aufſchrauben möge.

Sind die beiden Kugeln gleich, ſo theilt ſich die Luft in gleiche Theile, ſind ſie ungleich, ſo kann dies natürlich nicht erfolgen, allein die Antheile, welche die gefüllte Kugel der leeren abgiebt, ſind genau ſo abgemeſſen, daß die Spannung in beiden wieder vollkommen gleich iſt, wie man durch Verſuche mit der Barometerprobe finden wird.

In einer großartigen Weiſe hat man von dem Druck der Luft Gebrauch gemacht bei der atmoſphäriſchen Eiſenbahn. Die Triebkraft iſt bei derſelben lediglich die Luft, welche einen Stempel innerhalb einer luftleer gemachten Röhre vor ſich herſchiebt, ſie liefert zugleich den Beweis, wie gering die Kraft eigentlich iſt, welche ſchwere Züge von Wagen befördert, denn es handelt ſich dabei immer nur um ein paar tauſend Pfunden Druck, durch welche funfzig und mehr Axen bewegt werden.

Ausgeführt ſind zwei ſolche Eiſenbahnen, die eine in Frankreich zur Ueberwindung einer ſtarken Steigung bei St. Germain, die andere in Irland zwiſchen Kingſtown und Dalkey. Sie würden, da ſie vollkommen praktiſch brauchbar ſind, ohne Zweifel ſich ſehr viel weiter verbreitet haben, wenn ihre Erbauung und ihr Betrieb nicht beträchtlich mehr koſtete als die Benutzung der Locomotiven.

Fig. 512.

Wir müſſen uns eine ganz gewöhnliche Eiſenbahn vorſtellen, auf deren Schwellen, außer den beiden Schienen, noch in der Mitte ein hohles, inwendig ausgeſchliffenes, wo möglich polirtes Rohr liegt, das die ganze Länge der Eiſenbahn einnimmt, gewöhnlich hat daſſelbe 15 Zoll inneren

Digitized by Google

Durchmesser, was für seine Durchschnittsfläche ungefähr einen Quadratfuß giebt.

Zieht man nun aus diesem Rohr auf einem Ende, mittelst einer Luftpumpe, die Luft heraus, und gestattet man am anderen Ende einem luftdichten, aber nicht gar zu viel Reibung verursachenden Stempel den Eingang, so wird dieser Stempel so weit getrieben werden, bis die Luft in dem übrig bleibenden Raume, vor welchem der Stempel stehen bleibt, dieselbe Spannung hat wie die äußere. Ein solches Stehenbleiben bei dieser Grenze verhindert man aber, indem man auch während des Laufs des Stempels die Luft noch unaufhörlich in dem vor dem Stempel befindlichen Raume verdünnt.

Diese Arbeit ist nicht klein, eine Meilen lange Bahn von einem Quadratfuß Durchschnitt auszupumpen fordert viel Kraft und große Veranstaltungen, also z. B. Luftpumpen, nicht von den Dimensionen, wie man sie in physikalischen Combinationen findet, sondern wie sie bei der französischen Eisenbahn angebracht sind, von sieben Fuß Durchmesser des Cylinders und von einem siebenfüßigen Kolbenhub, solcher Luftpumpen sind daselbst vier, jede macht funfzig Hub in der Minute, und es wird dazu eine Dampfmaschine von 400 Pferdekraft erfordert.

Um zu verdeutlichen, wie dadurch ein Wagenzug befördert werden kann, möge die Zeichnung Fig. 512 dienen, in welcher drei verschiedene Ansichten enthalten, für dieselbe Sache aber dieselben Bubstaben beibehalten sind.

Die oberste Zeichnung giebt links eine Längenansicht einiger Glieder des Rohres, von oben her, und rechts einen Querschnitt. *BB* sind die Schwellen, auf denen das Rohr liegt, welches von 2 Fuß zu 2 Fuß starke hervorragende Gürtel *n* hat, die das Rohr unterstützen und zugleich stärker machen, sie sind zwar beinahe kreisförmig, aber sie umgeben das Rohr nicht concentrisch, sondern sind unten am breitesten, auf den Seiten schmaler, und verlaufen oben beinahe mit dem Rohr selbst, wie der Durchschnitt rechts zeigt.

Ueber die ganze Länge des Rohres läuft oben eine Spalte *S*, die durch eine große Menge mit Talg getränkten, mit Leder gefütterten, eisernen Klappen geschlossen ist.

Innerhalb dieser so vorbereiteten Röhre läuft der Stempel, den wir unten sehen, *t t* ist eine runde Stange von starkem Schmiedeeisen, welche in eine hochkantig gestellte, viereckige Stange *k k* übergeht. Vorn bei *t* sitzen, einige Fuß von einander entfernt, auf der Stange zwei Stempel *P'* und *P*, die den hohlen Cylinder nicht ausfüllen, aber jeder ist von einer Lederkappe umgeben, um die Luft an dem Eintritt zu hindern. Die Röhre

Digitized by Google

muß inwendig auf das Sorgfältigste gefettet erhalten werden, eben so die Lederkappen.

Hinter den Stempeln P' und P beginnt die viereckige Stange, sie ist gespalten und trägt zwischen ihren beiden Hälften fünf Axen von Rädern, welche, von verschiedenem Durchmesser, bestimmt sind, die Klappen nach einander zu heben. Das erste Rad ($r\,r\,r$) lockert einige Klappen, nach drei oder vier derselben kommt das zweite Rad und hebt dieselben schon gelockerten Klappen, so daß sie nicht mehr schließen, das mittelste, höchste Rad richtet sie so weit auf, daß sie unter einem Winkel von ungefähr 40 Graden aus ihrer früheren Lage gehoben sind und einer starken Eisenschiene den Durchgang gestatten. Das vierte Rad gleicht an Höhe dem zweiten, das fünfte dem ersten, sie gestatten den Klappen wieder niederzusinken und ihre alte Stelle zum Verschluß der Röhre wieder einzunehmen.

Man sieht in allen drei Zeichnungen einen Theil mit T bezeichnet, eine breite Eisenschiene, welche auf der Stange ruht, die die fünf Axen trägt, bei dem mittelsten Rade aus dem Rohre herausreicht und hier eine solche Krümmung hat, daß sie nirgends an die mit Leder gefütterten Klappen streift, welche das mittelste Rad hoch genug gehoben hat. An dieser aus dem Rohre herausragenden Schiene ist ein vierrädriger Wagen befestigt, welcher auf den Schienen der Eisenbahn läuft, daher geeignet ist, den ganzen soeben beschriebenen Apparat zu tragen, und deßhalb auch mit diesem durch Schrauben so verbunden ist, daß genau die richtige Höhe und Stellung für die fünf Räder in den Röhren herauskommt, damit sie rechtzeitig die Klappen heben und sinken lassen.

Da nun das ganze Gestänge hängt, so würde es nach vorne, wohin der Zug geht, ein Uebergewicht durch die beiden Kolben P' und P haben, um dies auszugleichen befindet sich am entgegengesetzten Ende der Leitstange ein Gegengewicht Q, welches dem Gewichte der Kolben P' und P gleich ist.

Der obere auf den Schienen laufende Wagen verhindert eine Veränderung in der Stellung, und somit ist alles zur Reise auf der atmosphärischen Eisenbahn vorbereitet, wir dürfen nur einige Waggons, so leicht wie möglich gebaut, an den ersten, den gedachten Apparat tragenden Wagen, auf dem Niemand als der Zugführer sitzt, anhängen.

Sobald das Rohr vor dem Stempel ausgepumpt wird, legt sich von k her die atmosphärische Luft gegen die Lederkränze P' und P, diese werden gegen die inwendige Seite des Rohres gedrückt, und wenn dann die Verdünnung in der Röhre groß genug geworden, was man mit einem eben solchen Instrumente prüft, wie es bei der Luftpumpe beschrieben worden,

Digitized by Google

kann die Fahrt beginnen, unter fortwährender Wirkung der Luftpumpen jagt die Luft beide zusammen luftdicht schließende Kolben die Röhre entlang, die Räder heben die Klappen, und die Schiene *T* nimmt den Wagen, an welchem sie hängt, mit reißender Schnelligkeit mit sich fort, ihm folgen die angeketteten Wagen.

Hiermit ist jedoch nur für einen Zug gesorgt, denn jeder noch folgende findet alle Klappen offen, und daran, daß sie luftdicht schließen, hängt die ganze Wirkung des Apparates. Das wird nun so bewerkstelligt, daß auf eben dem Wagen, der den Zug führt, so wie unten und vorne Rollen zum Heben, so hinten und oben ähnliche Vorrichtungen zum Niederdrücken der Klappen angebracht sind. Man findet es sogar nöthig, diese oberen Rollen heiß zu machen, damit sie, indem sie über die Ventilklappen hinwegeilen, das Fett derselben erweichen, welches dann einen desto besseren Verschluß gewährt, nachdem der eine Zug postirt, das Rohr überall so geschlossen ist, daß es wieder entleert werden kann durch die Wirkung der Pumpen.

Damit der Zugführer auf seinem Wagen wisse, ob die Verdünnung in den Röhren vor ihm schon weit genug gediehen sei, um den Zug zu schleppen, läuft von dem vordersten Kolben *l** ein Röhrchen von Kupfer *ttt* aufwärts zu ihm, welches sich über seinen Sitz erhebt, dort heberförmig umbiegt und in eine senkrecht herabgehende Glasröhre mündet, die mit ihrem unteren offenen Ende in ein Quecksilbergefäß reicht. Wie die Verdünnung in dem großen Rohre steigt, so steigt das Quecksilber auch in der Glasröhre, und würde bis auf 28 Zoll Höhe steigen, wenn man im Stande wäre die — auf jede Meilenlänge 24,000 Kubikfuß Luft enthaltende Röhre luftleer zu machen. Selten bringt man es auf mehr als die Hälfte dieser Verdünnung, dann ist der Druck auf den Stempel etwas über 1000 Pfund, dies ist aber genug, um 20 Wagen mit reißender Schnelligkeit bergan zu ziehen, fünf Pferde würden dasselbe, nur nicht schnell leisten. Eine Locomotive, welche diese Kraft hätte, müßte also auf jeder Eisenbahn genügen, allein der Uebelstand ist, daß die Locomotive nicht zwanzig Pferdehufe, sondern zwei Räder hat, durch deren Umdrehung auf den Schienen sie die anderen Wagen hinter sich her schleppen soll, um dies möglich zu machen, muß sie einen solchen Druck auf die Schienen ausüben, daß ihre Reibung größer ist als die aller an sie angehängten Waggons, und damit die Maschine diese Reibung hervorbringe, muß sie ein Gewicht von 400 Centnern und darüber haben, und damit sie nun wieder diese Reibung und die Reibung der Räder und Axen des geschleppten Zuges überwinden könne, muß

Digitized by Google

sie statt 5 Pferdekraft 50, 70, ja 200 Pferdekraft haben, wie große Locomotiven zum Bergansteigen sie haben.

Was ein paar Pferde leisten können, sieht man auf der böhmischen Eisenbahn, von Budweis nach Linz, woselbst wegen ihrer bedeutenden und kurzen Krümmungen, Locomotiven nicht zulässig sind. Ist der Wagenzug einmal im Gange, so übt das Pferd im rascheften Traben genug Kraft aus, um denselben ohne Anstrengung zu bewegen. Durch das Princip der atmosphärischen Bahnen wäre dem großen Aufwande, den man für die Locomotiven hat, gesteuert, wenn die Legung des großen Rohres nur nicht viel bedeutendere Kosten verursachte.

Alltägliche Benutzung des Luftdruckes.

In unzähligen Fällen begegnet uns der Druck der Atmosphäre, ohne daß wir daran denken. Der Weinküfer will Wein aus einem Fasse ziehen, er bringt die Spitze eines sogenannten Stechhebers in den Wein, saugt mit dem Munde oben die Luft aus — sogleich drückt die Atmosphäre, welche solche Ungleichheiten nicht vertragen kann, den Wein an die Stelle der ausgesogenen Luft, bis innerhalb des Hebers die Luft eben so dicht ist als außerhalb — hierdurch kann man den Heber ganz füllen. Nun will man ihn aber aus dem Fasse heben, da muß man den Mund hinwegnehmen und dann wird der Wein ausfließen; — nun, so verschließt man, ohne zu saugen, mit dem Daumen die obere Oeffnung, kümmert sich gar nicht um die untere und trägt den unten nicht verschlossenen Stechheber wohin man will.

Nun soll der Wein daraus in die Gläser gefüllt werden, da hält man die Spitze in das Glas, zieht den Daumen von der oberen Oeffnung, alsbald ist der Druck der Luft auf beiden Seiten gleich groß, aber auf der untersten Oeffnung lastet noch die ganze Höhe der Säule Weins, welcher in dem Rohre enthalten ist, und mit der Kraft dieses Ueberdruckes fließt er aus, sobald man aber wieder die obere Oeffnung schließt, fände bei fernerem Ausfließen eine Verdünnung der Luft statt, dies gestattet der Gegendruck der Luft auf die untere Oeffnung nicht, so bleibt der Wein in den unten offenen Gefäßen hängen.

Fig. 513.

Der gewöhnliche Heber, Fig. 513, hat seine Wirkung nur dem Druck der Luft zu verdanken. In dem Gefäß hängt eine in einem Winkel ge-

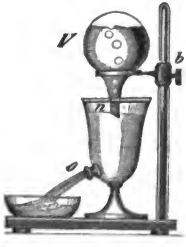
Digitized by Google

bogene Röhre *b s*, sie leitet keinen Wein oder kein Waſſer aus dem Gefäß, allein ſobald man den Heber ganz mit der Flüſſigkeit füllt (durch Anſaugen bei dem unteren Ende von *s*, oder dadurch, daß man den Heber umkehrt und vollgießt, und dann erſt in das Gefäß hängt), läuft ſie an dem freien Ende von *s* hinaus. Die Flüſſigkeit *fällt*, dadurch würde oben bei *s* ein luftleerer Raum entſtehen, damit dieſer nicht entſtehe, drückt die Luft immerfort neue Flüſſigkeit in die Röhre nach, und ſie fließt aus, ſo lange das Niveau derſelben in dem Glaſe, in der Tonne, noch höher iſt als die Mündung der Röhre.

Die Milchpumpe, die Schröpfköpfe wirken eben ſo durch den einſeitigen Druck der Luft.

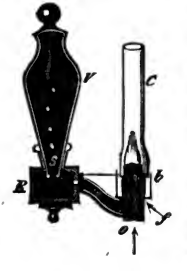
Man wünſcht, daß aus der Oeffnung *o* des Gefäßes *n o* eine Zeitlang gleichviel Waſſer ausfließe, dies iſt nur dadurch möglich, daß das Niveau *n* auf gleicher Höhe über *o* erhalten werde, denn ſo wie das Niveau ſinkt, fließt es bei *o* langſamer.

Fig. 514.



Nun, man bringt in den Ring, welcher an der Stange durch die Schraube *b* befeſtigt werden kann, einen Kolben mit derſelben Flüſſigkeit, die in dem Gefäße enthalten iſt, ſtellt ihn aber mit dem Halſe nach unten, ſo daß er dicht an dem Niveau, aber unterhalb deſſelben mündet. Nun fließt das Waſſer bei *o* aus, ſobald aber das Niveau ſinkt, geſtattet es der Luft Eingang in den Kolben, für jedes Luftbläschen dringt ein gleiches Volumen der Flüſſigkeit aus, und ſo wird das Niveau bei *n* erhalten, ſo lange noch etwas von der Flüſſigkeit in dem Kolben *V* enthalten iſt.

Fig. 515.



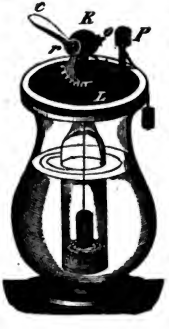
Dies iſt keine müßige Spielerei, abgeſehen davon, daß man vielleicht wiſſen will, wie viel Waſſer aus einer gegebenen Oeffnung bei gegebener und gleichbleibender Höhe des Waſſerſtandes ausfließt, beruhen auch viele techniſche Vorrichtungen darauf — wir wollen nur an die am allgemeinſten verbreitete, an die Gefäßlampe erinnern.

Damit die Flamme in dem Cylinder *C*, unter Zutritt der Luft von *o* und *f* ſtets gleich hell brenne, muß das Oel ſtets gleich hoch bei *b* ſtehen. Der Raum *R* hat wohl für eine kurze Zeit Oel, allein es würde das Niveau bald ſinken und dann die

Digitized by Google

Lampe dunkler brennen. Da stellt man eine Vase *V*, mit Oel gefüllt, in den Trichter des Gefäßes *R* so hinein, daß ihre, anfänglich durch ein Ventil verschlossene Oeffnung nach unten gekehrt, dadurch wieder geöffnet ist. Steht diese Oeffnung nicht unter dem Niveau *b*, so tritt alsbald Luft hinein und Oel so lange heraus, bis die Oeffnung dadurch verschlossen wird. Die Flamme der Lampe verzehrt Oel, sobald dessen soviel verzehrt ist, daß wieder ein Luftbläschen zu der Mündung Zutritt hat, steigt ein solches hinein und ein Tropfen Oel heraus, welcher das Niveau wieder um soviel steigen macht, bis das abermals verzehrte Oel einer neuen Luftblase den Weg öffnet ꝛc.

Fig. 516.



Das sogenannte Döberein'sche Feuerzeug, Figur 516, beruht, was den Gasstrom betrifft, lediglich auf dem Druck der Luft. In dem großen Gefäß ist eine verdünnte Säure enthalten, in dem kleinen Wasserstoffgas, welches sich immer von Neuem erzeugt, wie es verbraucht wird, indem ein Zinkkolben, der darin enthalten ist, mit der Säure in Berührung steht. Der innere Glaskörper ist verschlossen, und gegen den Druck der Luft und der Flüssigkeitssäule, welche außen höher steht, als in dem kleinen Gefäß, unempfindlich, das erstere größere dagegen steht mit der Luft in Verbindung, indem der Deckel nirgends luftdicht schließt. Wäre dies der Fall, so würde hier auswendig der Druck der Luft abgeschnitten und dadurch sofort das Instrument unwirksam sein.

Auf dem Deckel steht der Hahn *R*, mit dem inneren Gefäß verbunden, ein Hebelarm *c* öffnet oder schließt denselben. Der Luftstrom tritt, durch die Flüssigkeitssäule, welche in dem großen Gefäße höher steht als in dem kleinen, getrieben, aus und trifft bei *P* auf etwas Platinaschwamm, der das Wasserstoffgas verdichtet, dadurch zum Glühen kommt und rückwirkend den Gasstrom anzündet. Eine kleine Lampe *L* wird durch das Zahnrad *r* vorgeschoben, wenn der Gashahn *R* geöffnet wird und entzündet sich durch das brennende Gas.

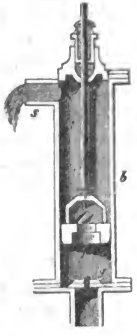
Die wichtigste Anwendung und die am weitesten verbreitete, welche der Mensch vom Drucke der Luft gemacht hat, ist die bei den Pumpen.

Die Wasserpumpe.

Stellen wir uns unter Fig. 517 eine solche vor, nicht wie sie der Brunnenmacher gewöhnlich macht, welcher nur das Uebergewicht der Gesetze

Digitized by Google

Fig. 517.



der Natur über seine schlechte Arbeit in Anspruch nimmt, sondern wie sie aus Metall, sicher wirkend bis zu den äußersten Grenzen, in den Maschinenfabriken gemacht wird. *b* ist ein metallener Cylinder, gut ausgebohrt, von der Länge, welche dem Kolbenhub entspricht. Der Cylinder ist oben und unten durch Lederscheiben und Deckel wohl verschlossen, und bei diesem Verschluß, unten mit einer Röhre, die in das zu schöpfende Wasser reicht und einem daselbst liegenden Ventil *g* verbunden, oben mit einem Ausgußrohr *s* versehen.

In dem Cylinder läuft ein Stempel auf und ab, der, wegen des nöthigen, regelmäßigen Ganges durch eine Stopfbüchse geht, welches bewirkt, daß er nicht wankt, keine Seitenbewegung macht, wodurch die Glätte und Ebenheit der Cylinderwände beeinträchtigt werden könnte. In dem Stempel ist ein Ventil *p*, welches sich nach derselben Seite öffnet (nach oben), wie das Ventil *g*.

Wird der Stempel, welcher in dem Cylinder überall luftdicht schließt, gehoben, so entsteht unter ihm ein leerer Raum in der Röhre, unter dem Ventil *g* ist aber Luft, so wie diese über dem Ventil keinen Druck mehr spürt, so hebt sie das Ventil und strömt unter den Stempel, bis derselbe still steht, dann fällt das Ventil *g*, denn in beiden Räumen ist Luft von gleicher Spannung, es ist also kein Grund zur Hebung des Ventils da. Nun sinkt aber der Stempel wieder herab, dadurch wird die Luft unter ihm verdichtet, auf einen kleineren Raum zusammengepreßt, nun öffnet sie das Ventil im Stempel und entweicht an die äußere Luft, bis der Kolben wieder still steht — etwa bis er unten aufsitzt. Er ist deshalb hohl, damit, wenn auch seine Ränder rund um auf dem Absatz ruhen, doch das Ventil *g* dadurch nicht verletzt werde.

Bei abermaligem Heben des Stempels tritt dasselbe wieder ein, allein das Rohr unter dem Ventil *g* kann nicht immer so viel Luft hergeben, als der Cylinder oben beim Heben verlangt, denn es steht nicht mit der Atmosphäre in Verbindung, sondern sein unteres Ende steht in einem Wasserbehälter (Brunnenkessel), der gehobene Stempel ist aber ein ungestümer Mahner, er treibt seine Schulden mit Gewalt ein, er bildet unter sich einen luftleeren Raum und fordert, daß derselbe von der Röhre her gefüllt werde — nun wendet sich dieser an den Nachbarn, an das Wasser, und sagt, komm mir zu Hülfe, damit ich nicht gar zu dünn werde — das Wasser ist gefällig genug, seinem Trieb zum Bergablaufen entgegen, hier

Digitized by Google

einmal aus nachbarlicher Freundschaft bergauf zu steigen — es thut wenigstens so. Dem Physiker aber etwas weis zu machen, ist nicht so leicht, der sagt: „das Wasser würde es wohl bleiben lassen, in der Röhre in die Höhe zu steigen, wenn draußen, außerhalb der Stelle, wo eben diese Röhre in das Wasser reicht, nicht die ganze Höhe der Atmosphäre darauf drückte. In der Röhre aber ist durch den ersten Stempelhub schon die Luft verdünnt, sie drückt nicht mehr so stark auf die Wasserfläche wie außerhalb, daher wird durch diesen einseitigen Druck das Wasser in die Röhre *getrieben*, es wird nicht gehoben, sondern hinaufgehoben."

Man sieht wohl, wie das weiter geht. Der Stempel oben empfängt beim Steigen immer Luft aus dem unteren Rohre, in dieses hinein wird Wasser gedrückt — endlich wird ein Zeitpunkt kommen, wo unter dem Ventil *g* keine Luft mehr ist — alsdann wird das Wasser hindurchgehen, und nun beim Sinken des Stempels über dem sich schließenden Ventil stehen bleiben. Der Stempel aber beim Niedertauchen kommt nun selbst in das Wasser, nicht mehr die Luft, sondern das über dem Ventil *g* stehende Wasser hebt das Ventil im Stempel und tritt über denselben. Beim Aufsteigen folgt ihm Wasser nach, weil sonst ein luftleerer Raum entstehen würde, der ganze Cylinder füllt sich mit Wasser, der absteigende Stempel durchdringt diese Wassermasse leicht, weil sich das Ventil öffnet, der aufsteigende Stempel aber hebt bei verschlossenem Ventil das über ihm stehende Wasser und treibt es zu der Ausgußröhre *s* hinaus.

Bei den gewöhnlichen Pumpen wird Alles, statt aus Metall, aus Holz gemacht, der Stempel heißt dann der Eimer, weil er am Rande mit emporstehendem Leder umgeben ist, welches eine Art Eimer bildet, auch nur dadurch einigermaßen luftdicht schließen kann, daß man Wasser von oben hinein gießt und dann erst zu pumpen beginnt, so entsteht nothdürftig das Verlangte, und es ist dann auch allenfalls brauchbar, fordert aber häufige Reparaturen, geräth in's Stocken, weil das Wasser sowohl das schlecht gemachte Ventil bei *g* als auch das im Stempel verläßt, herunterfinkt, weil beide nicht luftdicht sind; bei ordentlichen Pumpen, für deren dauernde Wirkung gesorgt werden soll, müssen diese Theile aber von Metall sein, wie bereits bemerkt.

Aber ist die Pumpe auch noch so vortrefflich construirt, und dabei das unterste, das Steigrohr über 32 Fuß lang, so wird niemals Wasser durch das Ventil *g* emporbringen, weniger, beträchtlich weniger als 32 Fuß muß es haben, dies ist eine Bedingung der Wirksamkeit des Brunnens, denn nur bei einer ganz tadellosen Construction erreicht das Wasser die Höhe von 32 Fuß, d. h. wird schließlich der Raum zwischen dem Ventil *g* und

Digitized by Google

dem Kolben beinahe luftleer, und nur unter dieser Bedingung hebt die draußen befindliche Luft, durch ihre Last, das Wasser in der Röhre so hoch empor. Da es nun nicht leicht gelingt, einen Brunnenmacher zu einer so saubern Arbeit zu bewegen, wie der Mechanikus dieselbe bei der Luftpumpe macht, so wird auch das Wasser in der Röhre niemals bis auf 32 Fuß steigen, man pflegt selten mehr als 20 Fuß zu erreichen.

Nun wird man aber sehr häufig das Wasser aus viel größerer Tiefe emporschaffen müssen, als 32 Fuß. In bergigen Ländern sind Brunnen von 90, 100 Fuß nichts Seltenes, da macht man denn das Rohr über dem Stiefel so lang als nöthig, setzt das Ventil g etwa 20 Fuß hoch über dem Wasserspiegel ein, gleich darüber, wie die Fig. 517 zeigt, den Saugcylinder und den darin beweglichen Stempel, aber man macht bei s keine Oeffnung, aus welcher das Wasser auslaufen könnte, sondern man läßt das Holzrohr, in welchem unten der Metallcylinder sitzt, 60—80 Fuß hoch über das Ventil g hinaufragen, und hebt durch das Gestänge (welches alsdann nicht, wie hier gezeichnet ist, durch eine Stopfbüchse läuft, sondern sich in dem sehr langen Rohre frei bewegt) das auf dem Stempel und seinem Ventil lastende Wasser empor.

Da nun bei solcher Länge die Wassermasse ein großes Gewicht erreicht, so erfordert es auch bedeutende Kraft, dasselbe zu heben, und dies wird dann gewöhnlich dadurch erreicht, daß man den Pumpenschwengel sehr lang macht, hier erlangt man eine bedeutende Hebelkraft, allein freilich wird auch wieder viel Zeit erfordert und wenig geleistet, bringt bei einer kurzen Pumpe, mit 20 Fuß Steighöhe, ein Mann in der Minute 10 Kubikfuß Wasser herauf, so wird derselbe bei gleicher Kraftanstrengung nur 2 Kubikfuß in der Minute fördern, wenn sein Rohr 100 Fuß lang ist.

Man wendet unter solchen Umständen lieber Druckpumpen als Saugpumpen an, Fig. 518 zeigt die einfachste Construktion derselben. Der Cylinder, von geringerem Durchmesser, schafft weniger, erfordert aber auch viel weniger Kraftanstrengung, der Stempel c geht niemals tiefer als hier gezeigt, und wechselt zwischen diesem Standpunkt und dem oberen Ende des Cylinders. Bei g ist das Ventil angebracht, welches auch bei der anderen, der Saugepumpe, mit g bezeichnet ist. Im Stempel ist kein Ventil.

Fig. 518.

Wenn dieser Stempel steigt, so hebt sich das Ventil und läßt zuerst Luft, späterhin Wasser zu, wenn der Stempel sinkt, so schließt sich g, das Wasser wird zusammengedrückt; damit es nun entweichen könne, ist ihm seitwärts, unter dem tiefsten

Digitized by Google

Standpunkt, den der Kolben erreichen kann, eine Oeffnung mit einem Rohr gelassen, welche sich bei *e* aufwärts krümmt und in geringer Höhe über seiner Mündung ein Ventil hat, das sich nach Außen öffnet. Indem der Kolben sinkt, treibt er das Wasser vor sich her, dieses kann bei *g* nicht zurück durch die Steigröhre *a*, aus welcher es gehoben ist, es muß also durch *e e*, d. h. durch die gekrümmte Röhre, durch das Ventil in die Aufsatzröhre und kann hier so hoch getrieben werden, als die Widerstandsfähigkeit der Materialien gestatten. Daß dies seine Grenzen habe, versteht sich von selbst, denn der Druck ist sehr bedeutend, allein bis zu 500 Fuß ist man doch gestiegen, denn Röhren von mäßigem Durchmesser, 3 bis 4 Zoll, halten sehr viel aus.

Wenn, nachdem der Kolben herab gedrückt worden, er wieder steigt, so schließt sich das Ventil zwischen *e* und *e*, durch den Druck der darauf liegenden Wassersäule, nun aber würde, bei weiterem Steigen unter dem Kolben *c* ein luftleerer Raum entstehen, da aber ein Druck von Außen stattfindet, so wird dies im Entstehen verhindert, das Wasser aus der Röhre *a* rückt gegen das Ventil *g*, hebt es, und folgt dem Zuge des Stempels.

Wirkungen der Compressionspumpe.

Haben wir in dem Bisherigen gesehen, wie vielerlei Anwendung der gewöhnliche Druck der Luft im praktischen Leben findet, so wollen wir jetzt unseren Blick auch auf den Druck wenden, welcher höher ist als der natürliche. Wurde der einfache Luftdruck geübt, gegenüber einem luftleeren oder luftverdünnten Raume, so wird der höhere, künstliche geübt werden, gegenüber dem gewöhnlichen, d. h. man wird ihn überall anwenden, wo man den natürlichen Druck der Luft nicht wegschaffen kann, wo man ihn also überwinden muß.

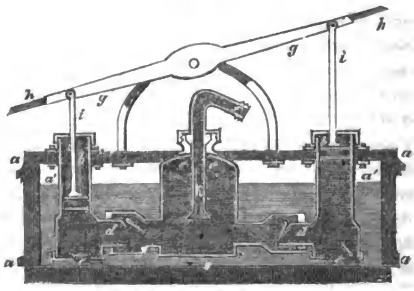
Soll ein Wasserstrahl, eine Fontaine steigen, ohne daß gerade der freie Fall sie hervorbringt, also ohne daß ein See auf dem Berge, oder eine Tonne unter dem Dach des Hauses das Wasser dazu hergiebt, so wendet man die Verdichtung der Luft an. Durch eine Pumpe, wie die letztbeschriebene, preßt man Wasser in einen, mit Luft erfüllten Raum, den Windkessel, derselbe muß stark sein, denn er kann unter Umständen vier, fünf und mehr Atmosphären Druck tragen sollen. Der Windkessel hat zwei Oeffnungen, eine, durch welche das Wasser hineingetrieben wird, bis die Luft auf die Hälfte, den vierten Theil ihres Volumens, zusammengedrückt wird,

Digitized by Google

die andere, durch welche das Waſſer austreten kann, mit einer Gewalt, wie ſie dem Drucke, den die Luft erlitten hat, entſpricht.

Dieſe Einrichtung findet man bei allen künſtlichen Fontainen (d. h. bei allen, die durch Pumpwerke in Thätigkeit geſetzt werden, nicht durch den Fall höher ſtehender Gewäſſer), alſo z. B. bei den Feuerſpritzen, welche nichts anderes ſind, als *bewegliche* künſtliche Fontainen. Ob die Triebkraft von einem Dutzend Menſchen oder von einer Dampfmaſchine herrührt, ob die Fontaine in einem Garten feſtſteht, oder auf einem Karren umher gefahren werden kann, iſt begreiflich ganz einerlei. Die verdichtete Luft drückt mit Gewalt auf das Waſſer, welches in den ihr urſprünglich zugehörigen Raum gezwängt, und durch welches ſie ſelbſt ſo ungebührlich zuſammengepreßt iſt, und drückt mit eben ſolcher Gewalt auf die Seitenwände. Brächte man oben, wo noch Luft iſt, eine Oeffnung an, ſo würde dieſe dort mit großer Gewalt ausſtrömen, bringt man unten, wo das Waſſer befindlich, eine Oeffnung an, ſo wird dieſes mit derſelben Gewalt hinausgetrieben. Das Letztere beabſichtigt man, es wird alſo ein Rohr *kf* mit ſeiner einen Hälfte in das Waſſer geſenkt, mit der anderen außerhalb des Windkeſſels gelaſſen, von dieſem geht eine Röhre an den Ort, wo man das Waſſer ausfließen laſſen will, in ein Gartenbaſſin, oder zu der Mündung des Ausgußrohres einer Feuerſpritze, in welchem Falle das Rohr ein biegſames, ein Schlauch iſt. Nun wird bei verſchloſſenem Hahn die Luft in dem Windkeſſel ſo ſtark zuſammengedrückt, als man glaubt, daß es erforderlich ſei, daß ſie alſo nur den kleinen Raum *e e* über dem Waſſer einnimmt, dann wird, unter fortwährender Zuführung von Waſſer in den Windkeſſel, das bis dahin geſchloſſene Rohr *kf* geöffnet und dem Waſſer der Austritt geſtattet.

Fig. 519.



Digitized by Google

Alsbald wirkt die Elasticität der Luft bei $e\,e$, sie sucht sich auszudehnen und jagt das Wasser zu dem Rohre hinaus, allein an den langen Hebelarmen $h\,g\;g\,h$ (S. die Fig. 519) wirkt fortwährend irgend eine Kraft, $h\,i\,g$ ist niedergedrückt, dadurch wird das Ventil d geöffnet und Wasser in den Windkessel geführt, zugleich steigt $g\,i\,h$; dadurch wird das Ventil d auf der rechten Seite geschlossen, dagegen das Ventil c unten geöffnet und dem Wasser aus dem stets gefüllt erhaltenen Kasten Zutritt unter den Stempel gestattet. Ist dieser Stiefel gefüllt, der andere dagegen geleert, so kehrt sich das Spiel sofort um, der Stempel rechts wird niedergedrückt, mithin das Ventil c geschlossen und das Ventil d geöffnet, der Stempel links aber wird dadurch emporgehoben, das Ventil d geschlossen und c geöffnet, und in diesem wechselnden Spiel, bei welchem immer einer der Stiefel sich mit Wasser füllt, indeß aus dem anderen das bereits geschöpfte Wasser in den Windkessel gedrückt wird, bleibt der letztere stets gefüllt, die Luft darin gespannt, und vermöge der so erhöhten Elasticität wird das Wasser aus dem Rohr $k\,f$ und dessen Verlängerung weit hinausgejagt.

Man sieht wohl ein, daß es dieselbe Vorrichtung ist, welche hier die Feuerspritze, dort die Gartenfontaine dazu bringt, das Wasser in einem hohen Strahl herzugeben.

Im größten Maßstabe ist die Wirkung comprimirter Luft in Frankreich angewendet worden, um ein in der Nähe der Loire liegendes Steinkohlenflötz, welches man durch Bohrungen gefunden hatte, auszubeuten. Ein deutscher Bergmann, schon vielfältig mit Anlagen von Bergwerken vertraut, wurde auch hier zu Rath gezogen. Er ließ eine gußeiserne Röhre von 4½ Fuß Durchmesser und 80 Fuß Länge, aus sechszehn Stücken zusammengesetzt, in das Geschiebe und Gerölle einsenken, bis ein fester Boden erreicht war. Die Arbeit war begreiflicherweise sehr anstrengend, und unaufhörlich mußte eine Dampfmaschine das eindringende Wasser auspumpen, damit drei Mann in Stand gesetzt werden konnten, das Ausgraben des Erdreichs vorzunehmen und das Sinken des Rohres zu befördern.

Endlich war man auf eine feste Grundlage angelangt und konnte nunmehr daran denken, seitwärts in das Steinkohlenflötz einzudringen; allein nun mußte dafür gesorgt werden, daß der eiserne Schacht auch wasserfrei bleibe, und dies geschah dadurch, daß man ihn oben luftdicht schloß, nachdem eine Röhre zur Wegführung des Wassers hinunter bis in einen, zu diesem Behuf gegrabenen Brunnen innerhalb des Schachtes geführt worden war.

Eine Compressionspumpe verdichtete nun die Luft in diesem Schacht dergestalt, daß das Wasser vom Boden desselben durch die eingesetzte Röhre

Digitized by Google

hinaufgetrieben und oben ausgegossen wurde. Wenn das erste ausreichende Verdichten der Luft geschehen war, was allerdings einigen Kraftaufwand erheischte, der Schacht also wasserleer geworden, so handelte es sich bei fernerem Gebrauch desselben nur darum, die Dichtigkeit der Luft auf dem erforderlichen Grad zu erhalten, den Abgang zu ersetzen, der durch die Undichtheit des großen Rohres herbeigeführt wird, und dies ist nicht so beträchtlich, daß eine Mannskraft nicht ausreichen sollte. Eine ingeniöse Erfindung schließt diese Veranstaltung noch ein. Der eiserne Schacht soll den Leuten dienen, um darin auf und ab zu steigen, da ist nun die Veranstaltung getroffen, daß der oberste und der unterste Raum je 7 Fuß hoch, die Einrichtung einer Schleuse hat, d. h. 7 Fuß unter dem obersten Verschluß des Schachtes befindet sich noch ein zweiter solcher Verschluß, eine quer durchlaufende luftdicht schließende Platte.

Will Jemand den Schacht besehen, und macht er das sogenannte Mannloch, die Oeffnung, durch welche er einsteigt, auf, so strömt natürlich die ganze comprimirte Luftmasse aus — dies verhindert der zweite Boden, es setzt sich nur diejenige Luft, welche die Schleuse enthält, mit der äußeren Luft in's Gleichgewicht. Nun steigen die Leute ein, schließen das Mannloch über sich, öffnen einen Hahn im Boden, auf dem sie stehen und lassen aus dem ganzen Schacht Luft in ihre Schleusen-Abtheilung, bis der Druck in beiden gleich stark ist. Dann wird das Mannloch zu ihren Füßen (nicht das über ihnen) geöffnet und sie steigen bis an das untere Ende des Schachtes auf Leitern hinab.

Hier befinden sie sich über einer ähnlichen Schleusenvorrichtung, in welche sie sich erst begeben müssen, bevor sie in das Bergwerk selbst gelangen können. Endete der Schacht direct an dem Steinkohlenflötz, so würde die comprimirte Luft durch unzählige Spalten entweichen, darum giebt man hierfür nur einen kleinen Antheil der comprimirten Luft, nämlich dasjenige, was in die Schleuse hineingeht, preis, und nach Absperrung dieses untersten Theiles erst wird die Thüre geöffnet, durch welche man in die Minengänge gelangt.

Um den hierdurch und durch die mangelnde Dichtigkeit der Röhre entstehenden Verluste an comprimirter Luft auszugleichen, wird ein geringer Antheil der Kraft einer Dampfmaschine, welche zur Förderung der Kohlen erforderlich ist, verwendet. Der Kraftaufwand ist so gering, daß er gar nicht in die Berechnung aufgenommen ist.

Digitized by Google

Maſchinen mit comprimirter Luft.

Noch in anderer Art wendet man comprimirte Luft zur Bewegung von Maſchinen an, wo ſie denn genau auf dieſelbe Art wirkt wie bei Dampfmaſchinen der Waſſerdampf; es ſcheint dabei kein Vortheil zu ſein, denn erſtens müſſen Kolben und Stiefel für Luft viel dichter ſchließen als für Dampf, wodurch eine ſo bedeutend erhöhte Reibung ſtattfindet, daß dadurch der größte Theil der Kraft verzehrt wird, dann aber muß man irgend eine Kraft haben, wodurch die Luft, welche als Motor wirkſam ſein ſoll, vorher bis zu dem nöthigen Grade comprimirt wird, und ſo wäre es am Ende vortheilhafter, dieſe Kraft gleich zu den vorgeſteckten Zwecken zu verwenden, nicht auf das Zwiſchenglied. Geſetzt, ich brauche zwei Pferdekräfte um etwas zu vollbringen, will dieſes durch eine Maſchine mit comprimirter Luft bewerkſtelligen, brauche aber eine Dampfmaſchine von vier Pferdekräften, um die Luft ſo zu verdichten, daß ſie eine Thätigkeit äußert, welche der verlangten gleich iſt, ſo ſcheint es, ich thäte beſſer, gleich die Dampfmaſchine direct anzuwenden, oder die Waſſerkraft, oder was es ſonſt ſei, es giebt aber zwei Fälle, in denen doch dieſes Zwiſchenglied nicht nur anwendbar, ſondern allein anwendbar iſt.

In irgend einem Hauſe, einer Stadt, ſoll eine Maſchine gewiſſe Kräfte äußern — eine Dampfmaſchine anzulegen geſtattet hier die Baupolizei nicht — vor den Thoren hindert dies Niemand. Nun ſo legt man vor dem Thore die Dampfmaſchine, und in dem fraglichen Hauſe die Maſchine mit comprimirter Luft an, die erſtere preßt die Luft bis zu dem erforderlichen Grade in einem ſtarken, Widerſtand leiſtenden Behälter zuſammen. In einer metallenen Röhre, von mäßiger Dimenſion, wird die comprimirte Luft bis in das fragliche Haus zu der Maſchine geführt und kann hier ihre Wirkung ausüben.

Dampf thut dies nicht! er ſchlägt ſich unterweges an der kälteren Röhre, an der durch den Erdboden auf einer niedrigen Temperatur erhaltenen Wandung derſelben nieder — vielleicht könnte man durch einen ungeheuren Aufwand von Dämpfen dahin kommen, die Röhre ſoweit zu erwärmen, daß ſie den Dampf nur zum Theil niederſchlüge — dann hätte man aber jedenfalls einen viel größeren Verluſt als auf dem anderen, vermittelnden Wege. Die Leitungsröhre für die comprimirte Luft aber verſchluckt von der Kraft nichts, und ſie friert auch im Winter nicht ein.

Der zweite Fall wäre, wenn der Gegenſtand, welcher bearbeitet werden ſoll, keine Feuchtigkeit, keine Dämpfe vertrüge. Nehmen wir einen ſeltenen

Digitized by Google

aber möglichen Fall an. „Es soll eine große Elektrisirmaschine nicht mehr durch Menschen, sondern durch eine andere mechanische Potenz bewegt werden.“ Hier würde sich die Dampfmaschine von selbst verbieten, denn die durch dieselben erzeugten Dämpfe würden die Wirkung der Elektrisirmaschinen sehr beeinträchtigen. Da wäre es denn sehr zweckmäßig, in den unteren Räumen eine Dampfmaschine — wenn auch nur eine sehr kleine, anzulegen, mittelst dieser Luft zusammenzudrücken, und diese in einem oberen Geschoß zur Wirkung zu bringen.

Offenbar vortheilhaft aber wird die Anwendung der comprimirten Luft, wenn die ursprünglich erforderliche Kraft nichts kostet, wie z. B. die Wasserkraft. Wer in seinem Hause eine Maschinerie in Thätigkeit setzen will und eine Viertelmeile davon eine bedeutende Wasserkraft zur Verfügung hat, wird sehr wohl thun, die comprimirte Luft als Motor zu benutzen.

Die Wind- und die Bolzenbüchse.

Aus unseren Kinderjahren erinnern wir uns wohl Alle noch des Spieles mit dem Blaserohr, durch welches man theils befiederte oder behaarte kurze Pfeile (Bolzen), theils Thonkugeln schoß, und es mag einem Jeden von uns eine ähnliche Begebenheit vorgekommen sein, wie die bekannte, da ein Bauer einen geräucherten Häring an dem Schwanz haltend, auf die Hand einen Blaserohrschuß bekam, und mit dem Ausruf: „wust bite?“ (willst du beißen?) dem unschuldigen Häring den Kopf auf den Pflastersteinen zerschellte. Dergleichen Späße — das Blenden mit einem Stückchen Spiegel in des Nachbarn Fenster, das Werfen flacher Steine auf einem Teich, um das Ricochettiren zu sehen ꝛc., sind es, womit wir unsere physikalischen Studien alle beginnen. So auch mit dem Blaserohr, dessen Wirkung lediglich auf dem geringen Antheil der in unserer Lunge gering comprimirten Luft beruht. Man zieht die Lungen voll Luft, setzt das Rohr an den Mund und drückt durch die Muskulatur des Brustkastens plötzlich die Lungen zusammen. Die Luft entweicht durch den Mund in das Rohr und findet in dem Thonkügelchen oder dem kleinen Bolzen einen nicht genügenden Widerstand, daher dieser fortgeschleudert wird.

Dasselbe thut die Bolzenbüchse. Ein Cylinder von einigen Zollen Länge und etwa 2 Zollen Weite, mündet durch eine Oeffnung von vielleicht einem Viertelzoll Durchmesser, in ein Flintenrohr von *demselben* inneren Durchmesser. In dem Cylinder läuft ein Stempel, der ihn möglichst genau ausfüllt, und doch mit möglichst wenig Reibung. Eine starke Stahlfeder drückt ihn bis dicht an die Stelle, wo die kleine Oeffnung in das Flinten-

Digitized by Google

rohr führt. Gleichviel auf welche Weise dieser Stempel zurückgezogen wird, so daß sich die Feder möglichst spannt, sobald die Feder zur Wirkung kommt, schlägt sie denselben mit großer Vehemenz in den Cylinder hinein und treibt dadurch die Luft vor sich her, welche sich von der Zeit der Spannung bis zum Losschießen in dem Cylinder gesammelt hatte, und diese, heftig comprimirt, wirkt auf den Rehposten oder den Bolzen, der in dem Laufe war.

Die Wirkung eines solchen Instrumentes kann so stark sein, daß ein Rehposten auf 80 bis 100 Schritt mit einer sehr deutlich wahrnehmbaren Wirkung getrieben wird. Es läßt sich die Schnelligkeit berechnen, mit welcher das Kügelchen fortgestoßen wird. Ist der große Cylinder 2 Zoll weit, hat er 4 Zoll Höhe, und werden diese 4 Zoll von der Feder in dem zehnten Theile einer Secunde zurückgelegt, ist aber die Oeffnung, welche aus dem Cylinder in den (NB. gleich weiten) Lauf führt, ¼ Zoll im Durchmesser, so hat man alle Elemente zu der Rechnung.

Der Luftstrom in dem Cylinder ist gegeben, 4 Zoll in $\frac{1}{10}$ Secunde, im Laufe aber verhält sich dieser Strom wie die Durchschnittsfläche der beiden Cylinder, des großen Luft- und des engen Geschoßcylinders. Die Flächen zweier Kreise verhalten sich aber wie die Quadrate der homologen Dimensionen (der gleichnamigen Ausmessungen, hier die Durchmesser der beiden Cylinder). Der Durchmesser des großen Cylinders ist nun 8mal, seine Durchschnittsfläche also 64mal so groß als die innere des Rohres, somit strömt die Luft in diesen 4mal-64mal-10mal 1 Zoll in der Secunde, wenn der Stempel 4mal 1 Zoll in $\frac{1}{10}$ Secunde durchläuft, jenes Exempel sagt aber 2560 Zoll oder 213 Fuß und 4 Zoll in der Secunde. Eine Annahme, die Niemand für übertrieben halten wird, der einige Male dem Schießen mit guten Bolzenbüchsen beigewohnt hat.

Die Windbüchse beruht nicht auf diesem Princip, wenn schon eben so sehr auf der Wirkung der comprimirten Luft. Bei der Bolzenbüchse wird, wie beim Blasrohr, die erforderliche Luft für jeden einzelnen Schuß besonders verdichtet, bei der Windbüchse geschieht dies für einige Dutzend Schüsse auf einmal. Innerhalb des Gewehrkolbens oder in einer besonderen Kugel unter dem Schlosse des Gewehres angeschraubt, befindet sich die Windkammer, ein Raum, in welchem die Luft verdichtet werden soll. Die Windkammer ist aus sehr starkem Metall, aus geschmiedetem Kupfer oder aus geschmiedetem Eisen gemacht, daher der Kolben der Windbüchse immer sehr schwer ist. Man muß die größte Sorgfalt auf die Widerstandsfähigkeit des Instrumentes verwenden, denn es entsteht aus dem Zerspringen des Kolbens meistens großes Unglück (wie denn überhaupt die Windbüchse ein gefähr-

Digitized by Google

liches Instrument ist), und das Probiren der Kolben gewährt keineswegs volle Sicherheit, wie ein paar Beispiele, welche dem Verfasser bekannt geworden, beweisen.

Man fertigt in Wien die kräftigsten Windbüchsen; es hat in Oesterreich ein ganzes Jägerregiment gegeben, welches nur mit Windbüchsen bewaffnet war, ob dieses Regiment mit seiner meuchelmörderischen Waffe noch besteht, ist dem Verfasser unbekannt, allein seine Existenz war die Veranlassung zur Ausbildung der Fabrikation dieser Gewehre, und man hatte, um die Sicherheit des Schützen festzustellen, eine Maschine, welche in einem verschlossenen Raume die Compressionspumpe in Bewegung setzte, welche den Kolben mit einer viel größeren Anzahl von Stößen lud als derselbe jemals zu tragen haben sollte. Auf dem Kolben ward dann die Zahl von Pumpenstößen eingegraben, welche derselbe ertragen hatte, und man pflegte bei eigentlichem Gebrauch nie bis über die Hälfte zu gehen.

Der Büchsenmacher Canzi, der Vater der einst berühmten, leider vergessenen Sängerin Canzi (die Nachwelt flicht dem Mimen keine Kränze), hatte das Schloß einer solchen gebrauchten, aber noch eigentlich neuen Büchse zu repariren, und er wollte nun auch sehen, ob es seine Wirkung auf das Ventil übe, lud daher den Windkolben, jedenfalls nicht mit der Anzahl von Stößen, welche er zu ertragen versprach, und zwischen seinen Händen zerborst der Kolben der Länge nach unter einem gewaltigen Knall. Die Masse war weich, Kupfer, es war also nur ein Riß entstanden, es flogen nicht Stücke mehr, aber die befreite Luft hatte einen so furchtbaren Druck, daß sie dem unglücklichen Mann das Fleisch von den Händen schälte, so daß dieses im Zimmer umherflog, oder an Hautfasern hängen blieb und abgeschnitten werden mußte. Er wurde zwar geheilt (was man bezweifelte, da er sich nicht beide Hände abnehmen lassen wollte), allein er hatte nicht mehr Hände, sondern nur Gerippe derselben in seinen Handschuhen stecken, ein gräulicher Anblick.

Ein zweiter Fall war noch schrecklicher. Im Besitz eines alten reichen Gutsherrn war eine solche Wiener Windbüchse, er schoß damit die Sperlinge vor seinen Fenstern von dem Zimmer aus. An einem kalten Wintertage wurde sie von dem Jäger geladen und dann in das geheizte Zimmer gebracht, wo sie einige Stunden ungebraucht stehen blieb. Der Jäger ging später durch das Zimmer, sah vor dem Fenster einige Vögel erreichbar sitzen, nahm die Windbüchse an die Wange, um zu schießen, und sank selbst mit zerschmettertem Kopfe nieder.

Der Kolben, draußen mit kalter Luft geladen, war nun in das warme Zimmer gebracht. Die Luft hatte nach und nach mit dem ganzen Instru-

Digitized by Google

ment die um vielleicht 25 bis 30 Grad höhere Temperatur des Zimmers angenommen, dadurch eine gefährliche Spannung erreicht, und diese hatte die schreckliche Catastrophe herbei geführt, der Kolben war zersprungen und hatte, da er gerade an dem Kopfe des Jägers lag, diesen zermalmt.

Wir sehen aus diesem Beispiele, wie gefährlich das Instrument ist, und welche furchtbare Gewalt die Luft hat, wenn ihre Elasticität durch Druck- oder Temperaturerhöhung auf einen bedeutenden Grad gesteigert ist.

Um einen Begriff von der Einrichtung der Windbüchse zu geben, genügen ein paar Worte. Der Kolben kann von dem Rohre abgeschraubt und an eine Compressionspumpe angeschraubt werden. Diese besteht gewöhnlich aus einem Commißgewehrlauf, in welchem ein Stempel aus lauter Scheiben von Sohlenleder sehr genau eingepaßt, und damit er ja recht gut schließt, 6 Zoll lang gemacht ist, die Stange des Stempels hat ein Querstück von Eisen, worauf man beim Laden mit beiden Füßen tritt. Dasjenige Ende der Pumpe, an welches man den Kolben schraubt, hat zwei starke Handhaben, mit denen man die Pumpe regiert. Ist sie ausgezogen, so steht der Kolben ungefähr in der Höhe der Brust, dann stößt der Stempel unten an und gestattet der Luft, durch ein paar Löcher an der Seite, Eingang; sobald man nun mit einer raschen, kräftigen Bewegung beider Arme die Pumpe niederstößt, schließt der Stempel die Löcher und die gefangene Luft hat keinen weiteren Ausgang als den oben aus der Pumpe, durch das Ventil des Kolbens, in diesen hinein. Um dies zu bewerkstelligen, genügt aber nicht, daß man die Zusammendrückung langsam vornimmt, dann wirkt die Luft nicht plötzlich und nicht kräftig genug auf das Ventil, der Stoß von der größten Höhe, welche die aus einander gezogene Pumpe hat, muß bis herunter in einem Zuge, so rasch wie möglich, ausgeführt und so weit getrieben werden, bis man den Stempel an das Ende der Pumpe anschlagen hört.

In dem Kolben befindet sich ein sehr sorgfältig geschliffenes Kugelventil, welches jedoch mit Leder gefüttert ist, damit bei dem heftigen Schlage der Metalltheile auf einander die Fläche desselben nicht verletzt und dadurch undicht werde. Hinter dem Ventil sitzt eine Feder, welche dasselbe andrückt, vor dem Ventil ist ein starker, kurzer Stahlstift, welcher bestimmt ist, dasselbe zu öffnen.

Wenn nun der Kolben mit Luft gefüllt ist, wird er an den Lauf geschraubt, deren Schloß viel einfacher als ein Flintenschloß, lediglich aus einem Hahn und einer starken Schlagfeder besteht. Die Nuß, welche den Hahn treibt, hat einen Ansatz, welcher beim Niederschlagen des Hahnes auf den Stift des Ventils schlägt und dieses für eine Viertelsecunde oder noch we-

Digitized by Google

niger Zeit öffnet, und der Luft gestattet auszutreten, sie findet einen genauen vorgeschriebenen Weg durch den Lauf der Büchse. Ist in dieser eine passende Kugel durch ein leichtes, gut gefüttertes Pflaster luftdicht eingesetzt, so wird dieselbe natürlich hinausgetrieben, und mit um so größerer Kraft, je weniger Schuß gethan sind. Die Luft, welche eingeschlossen ist, reicht zu zwanzig Schuß, allein die letzten sind nicht mehr halb so kräftig als die ersten.

Man übersieht gewöhnlich den Unterschied zwischen Feuergewehr und Windbüchse, und glaubt, je fester man die Kugel einsetzt, desto weiter wird sie getragen, dies ist irrig, deshalb ist auch der Lauf der Windbüchse polirt, damit die Kugel ihn leicht verlasse, wer nun die Kugel fest einsetzt, verliert alles das an Kraft des Schusses, was gebraucht wird, um die Reibung zu überwinden, denn die Kraft ist eine genau gegebene, was davon auf die Ueberwindung der Reibung verwendet wird, das kann nicht zum Fortschleudern der Kugel dienen. Mit dem Feuergewehr ist dies etwas ganz anderes, sobald das Pulver entzündet ist und die Gase sich zu entwickeln beginnen, fängt auch die treibende Wirkung an, sitzt die Kugel ganz locker, so wird sie von der geringsten Kraft entführt und hat also keine besondere Wirkung. Ist die Kugel dagegen fest aufgesetzt, so wird die Gasmasse zusammengehalten, der Widerstand erhöht ihre Spannung, jedes Körnchen Pulver verbrennt, die steigende Hitze vermehrt die Elasticität der eingeschlossenen Luft ungeheuer — endlich weicht die Kugel, und nun wird sie mit der ganzen, auf das Höchste gesteigerten Elasticität der Gase, die eingeschlossen sind, fortgetrieben und erreicht so eine kaum geahnte Gewalt. Die preußischen Spitzkugelbüchsen und die Zündnadelgewehre treiben eine zweilöthige Kugel nicht allein auf 700 Schritt — so weit schießt man damit, zielt und trifft, sondern auf 1800 Schritt, in welcher Entfernung Personen, die sich dem Schießstande näherten, verwundet worden sind. Entfernungen, welche mit einem Infanteriegewehr zu erreichen, wohl Niemand vermuthet, daher auch in solchen Entfernungen keine Warnungszeichen stehen, ja die Gewarnten sie als lächerlich und pedantisch verspotten würden.

So nun ist es mit der Wind- und Bolzenbüchse nicht, die einen gewissen Vorrath an Luft haben, welcher durch den Widerstand des Projectils weder vermehrt noch zu höherer Elasticität gespannt wird, sondern durch diesen Widerstand verliert, weil auf dessen Ueberwindung Kraft verwendet werden muß.

Digitized by Google

Der Luftball.

Daß die Luft ein Körper sei, ist so gar lange noch nicht bewiesen. Wenn es auch im höchsten Alterthum so gut Sturm gegeben hat, welcher ganze Wälder entwurzelte, wie jetzt — so war man doch geneigt, diesen ganz anderen Gewalten zuzuschreiben als dem Drucke oder Stoße der Luft — alle die Naturkräfte waren personificirt, so auch der Wind, der nicht als bewegte Luft gedacht wird, sondern als Jemand, der da bläst und stürmt, Aeolus beherrscht die unbändigen Stürme so wie die sanften Winde als König, und er giebt dem Odysseus günstige Winde zur Reise mit, und sperrt die Stürme in einen Schlauch, den er dem Odysseus mit in sein Schiff giebt, damit er Herrschaft über sie habe. Mit diesen Ansichten war es nicht möglich, die Luft als das zu erkennen, was sie ist, und wenn die alten Phönicier auch die Segel zu gebrauchen wußten, so fiel ihnen doch nicht ein, die Luft, welche die Seeschiffe in ferne Welttheile führt, zu benutzen, um ihren Sklaven die Arbeit des Mehlmahlens zu ersparen.

Dennoch ist der Wunsch, sich in die Luft erheben zu können, sehr alt, und vielleicht deutet die Fabel von Dädalus und Ikarus auf dergleichen Versuche.

Erst als durch Torricelli die Körperlichkeit, die Schwere der Luft, später die Abnahme ihrer Dichtigkeit in höheren Regionen bewiesen worden war, verfiel man auf den Gedanken, Körper in der Luft schwimmen zu lassen, wie man Holz in Wasser schwimmen läßt. Ein Italiener, Namens Francisco de Lana, machte den Vorschlag, eine große Kugel aus Kupfer zu treiben und luftleer zu pumpen, da sie dann aufsteigen müsse; vollkommen wahr, falls es nur gelingt, die Kugel zugleich groß genug, dünn und leicht, und endlich stark genug zu machen, so daß der Druck der äußeren Luft die kupferne Kugel nicht zusammendrücken kann. Ein anderer, der Pater Galien, aus Avignon, machte den Vorschlag, eine Kugel so groß, daß Avignon darin Platz hätte, aus getheerter Leinwand zu machen, und sie mit der dünnen Luft aus den Regionen der Wolken zu füllen. Auch sehr praktisch, falls die dünnere Luft nur aus einem anderen Grunde dünner wäre, als weil sie nicht zusammengedrückt ist, was natürlich geschähe, wenn man sie in die Nähe der Erde brächte, was man auch gar nicht nöthig hat, indem Verdünnen der vorhandenen bis auf einen solchen Grad genügt, aber immer wieder die Unannehmlichkeit einschließt, daß sie von der äußeren Luft auf die Dichtigkeit, welche ihr vermöge ihrer Lage gegen die Erde zukommt, zusammengepreßt werden würde.

Digitized by Google

Zehn Jahre nach dem soeben gedachten Vorschlage, im Jahre 1766, gelang es dem Engländer Cavendish, brennbares Gas (Wasserstoffgas) darzustellen, und er entdeckte zugleich dessen außerordentliche Leichtigkeit und Elasticität. Dies brachte Black in Edinburg auf den Gedanken, eine dünne Blase mit solcher Luft zu füllen und sie aufsteigen zu lassen. Die Blase that dem gelehrten Herrn nicht den Gefallen, sie war viel zu schwer — es muß zwischen dem was aufsteigen soll, und dem Gewichte der Luft, welche durch den aufsteigenden Körper vertrieben wird, doch ein Verhältniß stattfinden; wenn aber die Luftmasse 1 Loth, der aufsteigenfollende Körper aber 3 Loth wiegt, so ist dies natürlich nicht möglich. Cavallo fing im Jahre 1782 Versuche mit dieser Gasart an, zu dem gedachten Zwecke wollte er einen Papiersack damit füllen und so zum Steigen bringen; dies ging nicht, indem das Papier die leichte Luft durchlies — er versuchte es mit großen Thierblasen auch vergeblich — endlich füllte er Seifenblasen mit dieser Luft — sie stiegen wirklich bis zur Stubendecke empor und platzten daselbst. Weiter brachte Cavallo es nicht, aber gleichzeitig mit ihm stellte unser großer und geistreicher Landsmann Lichtenberg, in Göttingen, dieselben Versuche an, die Seifenblasen genügten ihm nicht, er machte einen Ballon von Goldschlägerhaut, füllte ihn mit Wasserstoffgas, und dies dürfte wohl der erste Körper sein, der durch menschliche Kunst wirklich zum Steigen in atmosphärischer Luft gebracht worden ist.

Sonderbar ist, daß Lichtenberg diesen gelungenen Versuch nicht weiter, oder wenigstens nicht rasch genug verfolgte, denn die Gebrüder Montgolfier, Papiermüller zu Annonay in der Provinz Vivarais, traten plötzlich, und zwar in demselben Jahre, mit ihrer schönen Erfindung hervor.

Sie waren Männer von Genie, Freunde der Naturwissenschaften, beschäftigten sich in ihren Mußestunden mit Experimenten mancher Art und wollten unter anderem auch das Experiment, welches Cavallo mißlungen war, auf irgend eine Weise zur Ausführung bringen. Mit Wasserstoffgas wollte es ihnen auch nicht gelingen, aber sie kamen — da doch die Wolken hoch in der Luft schweben, auf den Gedanken, künstliche Wolken zu machen (Rauch), welche gleichfalls schweben, aber sie zusammen zu halten, in ein Behältniß einzuschließen, und so wurde denn in einem Parallelepipedum, von 40 Kubikfuß Inhalt, eine Wolke aus verbranntem Papier eingeschlossen, und siehe — der Sack stieg bis an die Decke des Zimmers, ja im Freien bis zu 70 Fuß Höhe.

Jetzt wurde ein Ballon von Papier gefertigt, welcher 650 Kubikfuß Inhalt hatte, damit ging es über alle Erwartung, und nun ward die Sache

Digitized by Google

in's Große getrieben. Aus Leinwand, welche mit Papier beklebt war, ließen die Brüder einen Ballon von 35 Fuß Durchmesser anfertigen, der 450 Pfund wog. An denselben ward ein großer, starker Korb befestigt, und noch mit 400 Pfund Ballast beladen, und dann mit einer künstlichen Wolke aus verbranntem Stroh und locker gekrempelter Wolle angefüllt, die Maschine stieg sehr schnell, bis zu der Höhe von 6000 Fuß und fiel nach einer Viertelstunde, ungefähr so weit entfernt von dem Orte als sie hochgestiegen war, nieder.

Man sieht wie indirect die Erfindung gemacht ist. Die künstlichen Wolken schwebten den Brüdern vor, eine künstliche Wolke von furchtbarem Gestanke wird auch verwirklicht — aber nicht durch die Wolke, welche eher ein Hinderniß sein konnte, stieg der Ballon, sondern durch die Erwärmung der Luft. Das leicht flackernde, viel Luft fordernde Strohfeuer, welches unter dem offenen Ballon angezündet wurde, erhitzte die Luft und sandte den unverbrannten Stickstoff sehr heiß, weil er mit dem Sauerstoff durch's Feuer gegangen war, nebst den Verbrennungsproducten in den Ballon, und so dehnte die Luft, erhitzt, und dadurch bei viel geringerer Dichtigkeit doch von größerer Elasticität, den Ballon aus. Die Wolle, überhaupt die Verbrennung (welcher Körper es auch gewesen wäre) gab *schwerere* Gasgemenge, aber da auch sie stark erhitzt waren, halfen sie immer mit die Tragekraft zu erhöhen, indeß sie selbst erkaltet nicht steigen können, sondern sinken.

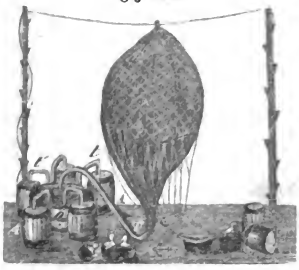
Die Gebrüder *Montgolfier* hatten ihre Versuche in Gegenwart nicht nur einer großen Menschenmenge überhaupt, sondern auch vieler gebildeter Leute, der Stände von Vivarais, der Zeitungsschreiber ꝛc. angestellt, es verbreitete sich daher die Nachricht von diesem Ereigniß sehr schnell über Frankreich, und so kam es, daß schon im August des nächsten Jahres ein sehr viel vollkommenerer Versuch, auf wissenschaftliche Thatsachen gestützt, in Paris gemacht werden konnte.

Der Professor der Physik, *Charles*, ließ durch die Gebrüder *Robert*, in Paris, ein paar geschickte Mechaniker, einen Ballon von 12 Fuß Durchmesser verfertigen, welcher aus Seidenzeug, mit Firniß aus elastischem Gummi überzogen, gemacht war. Derselbe hielt die Luft besser zusammen als irgend ein anderer Stoff, und so gelang es ihm, diesen Ballon zum Steigen zu bringen, indem er aus verdünnter Schwefelsäure und Eisen Wasserstoffgas bereitete, und das so entwickelte Gas in den Ballon leitete.

Die Art der Füllung wird noch bis auf diese Stunde so vorgenommen, wie damals, und das beigefügte Bild giebt eine Anschauung dieses Vorganges. Nur in Städten, welche mit Gasbeleuchtung versehen sind, bedarf man einer solchen Operation nicht, sondern man bezahlt der Gasgesellschaft

Digitized by Google

Fig. 520.



eine mäßige Summe für jede 1000 Kubikfuß Gas, und kommt damit sehr viel wohlfeiler fort, allein da dieses Leuchtgas nur zweimal so leicht ist als atmosphärische Luft, so bedarf man eines größeren Ballons als für reines Wasserstoffgas, welches auf die beste Weise bereitet (Wasserdämpfe durch glühendes Eisen geleitet) ein Vierzehntheil der atmosphärischen Luft wiegt. Aus Schwefelsäure und Eisen, oder wie man es jetzt macht, aus Salzsäure und Zink bereitet, wiegt es immer noch einen Siebentheil einer gleich großen Luftmasse.

Wir sehen hier zu beiden Seiten des kleinen Bildchens Stangen aufgerichtet, welche Stufen haben, um einem Mann das Hinaufklettern zu erleichtern. Oben wird ein starkes Seil von einer zur anderen gezogen, in der Mitte desselben hängt eine Rolle, durch welche man den Ballon, flach zusammengefaltet, emporzieht. Der hier gezeichnete hat diese Lage, ist jedoch bereits zur Hälfte gefüllt. Er ist bedeckt mit einem Netz, welches gerade die Form des Ballons hat. Da, wo das Netz aufhört, laufen eine Menge von Schnüren herab, die sich in einen Kranz vereinigen, an diesem Kranz hängt der Korb, in welchem der Luftfahrer aufsteigen will, von seiner Gestalt nannte man ihn Gondel, jetzt ist man von dieser Form, als einer ganz unzweckmäßigen, längst abgegangen, man wählt die eines Cylinders, aus starken Weiden wie ein Korb geflochten.

Es kommt nun sehr auf die glückliche und rasche Füllung an, je schneller alles vor sich geht, je weniger Verlust erleidet man; das Seidenzeug ist niemals ganz luftdicht, daher bei einer langsamen Füllung der Fall eintreten kann, daß der Ballon gar nicht seine volle Ladung erhält.

Zur Seite links sieht man ein großes Faß *o* und fünf kleinere (zehn und zwanzig wären besser). Aus den kleineren gehen heberförmig gebogene Röhren von Blech, 2 Zoll im Durchmesser haltend, in den großen Bottig, wo sie sich alle, nochmals etwas gebogen, unter einem leeren Fasse vereinigen, welches in diesem großen Bottig *o* umgekehrt, mit dem Boden nach oben steht.

In die Fässer *A* hat man Eisen in kleinen Stücken, am besten Nägel, welche der Säure viele Angriffspunkte bieten, gethan, darauf gießt man concentrirte Schwefelsäure, mit fünf Theilen Wasser verdünnt, besser thut

Digitized by Google

man, wenn man statt des Eisens Zink (z. B. die Drehspähne aus großen Fabriken) und statt der Schwefelsäure, welche immer einen mit schwefelsaurem Gas verunreinigten Wasserstoff giebt, Salzsäure anwendet, welche noch überdies wohlfeiler ist.

Durch die gebogene Röhre geht das gewonnene Gas, welches sich in großer Menge entwickelt, in das große Faß *o*, welches mit Wasser gefüllt ist, in diesem Wasser setzt das Gas eine Menge in Dampfform mit hinweggeführte Theile der Säure ab, sie würden dem Ballon schädlich werden, daher man auf dieses „Waschen des Gases" sorgfältig zu sehen hat.

Aus dem zweiten in *o* umgestülpt stehenden Bottig geht ein langes S förmig gebogenes Rohr *T* (von viel größerem Durchmesser als die kleineren Röhren, denn es soll ja alles von diesen herbeigeführte Gas zugleich aufnehmen), bis zu der Mündung des Ballons. In diesen hinein wird so das in den Fässern erzeugte und in dem Bottig gesammelte und möglichst gereinigte Gas geführt. Da dasselbe die Elasticität der Luft hat, so trägt es, spannt es nach und nach den Ballon, da es aber so sehr viel leichter ist als die Luft, so trägt es nicht unbedeutende Lasten mit sich empor, welche, wenn man auf den Kubikfuß Inhalt nur ein Loth rechnet, doch bei 32,000 Kubikfuß Inhalt schon 1000 Pfund beträgt.

Wo Leuchtgas zu haben ist, macht man die Sache kürzer. Man führt aus der nächsten Hauptröhre ein 4 bis 5 Zoll weites Eisenrohr, wie es die Gasbereitungsanstalten stets in Menge vorräthig haben, zu dem Raum (Garten, Circus), wo der Ballon gefüllt werden soll, hier läßt man die Mündung des Eisenrohres in die Fülllöffnung reichen und bindet den Ballon darum fest, worauf der Hauptgasbehälter etwas gesenkt wird, und dadurch seinen Inhalt überströmen läßt in den Ballon, der auch bei sehr großer Dimension in einer Stunde gefüllt ist, wie wir in Berlin vor einigen Jahren die Herren Coxwell und Godard nach einander, wenigstens 30mal, haben auf solche Art Luftreisen machen sehen.

Fig. 521.

Der auf die zuerst gedachte Art gefüllte Ballon des Mr. Charles wog 25 Pfund (S. die Fig. 520), und stieg am 27. August 1783 vom Champ de Mars in die Luft, erreichte eine Höhe von circa 3000 Fuß, verschwand in den Wolken, und

Digitized by Google

fiel nach ¾ Stunden in dem Dorfe Gonesse, fünf Lieues von Paris, zum Schrecken der Einwohner, welche den Untergang der Welt befürchteten, nieder.

Wir haben hier gleich im Entstehen dieser Erfindung eine verschiedene Richtung — daraus hervorgehend auch verschiedene Namen, die ersten Ballons waren mit erwärmter Luft gefüllt, und heißen nach ihren Erfindern Montgolfieren, die anderen waren mit Wasserstoffgas gefüllt, und heißen nach ihrem Erfinder Charlieren. Montgolfier, der jüngere der beiden Brüder, kam nun nach Paris, um dort seine Künste sehen zu lassen. Es geschah am 19. September 1783, daß zu Versailles, in Gegenwart des Königs von Frankreich, ein Ballon von ovaler Form, 57 Fuß hoch und 41 Fuß breit, welcher einen Inhalt von 37,500 Kubikfuß hatte, aufstieg und selbst mit Stricken und Gondel 900 Pfund wiegend, noch einen Hammel, eine Ente und einen Hahn mit sich nahm, welche eine halbe Meile von dem Punkte des Aufsteigens den Boden erreichten, ohne den mindesten Schaden genommen zu haben.

Bald sollte man jedoch noch Auffallenderes sehen. Pilatre de Rozier, der Vorsteher des wissenschaftlichen Museums in Paris, ein tüchtiger Chemiker und Physiker, unterstützte den unermüdlichen Montgolfier nach Kräften, empfahl ihn anderen Männern von Einfluß, und ging sogar mit einer solchen aerostatischen Maschine in die Luft, sie war enorm groß, hatte eine Höhe von 74 Fuß und 48 Fuß im Durchmesser, trug eine große kreisförmige Gallerie, mit einer gewaltigen Glutpfanne zur Unterhaltung der Wärme, und hatte Raum für ein Dutzend Menschen, welche sie, wegen ihres ungeheueren kubischen Inhalts auch tragen konnte.

Der gefüllte Ballon ward vermittelst einiger zwanzig Stricke gehalten, Pilatre de Rozier und der Marquis d'Arlandes bestiegen die Gondel, und majestätisch erhob sich der große Körper auf 80 Fuß. Die Versuche wurden in den folgenden Tagen wiederholt, und da sie stets ohne Unfall abgingen, so wagten die beiden Herren am 21. November 1783 die erste Luftreise. Sie stiegen von dem Schlosse La Muette in die Höhe, ohne Stricke; schwebten eine halbe Stunde lang in der Luft, über Paris hinweg, durch Vermehrung oder Verminderung des Feuers gehoben oder gesenkt, gelangte die Maschine unbeschädigt, etwa drei Stunden von La Muette zu Boden. Der Ballon hatte mehr als 60,000 Kubikfuß Inhalt und konnte 1700 Pfund tragen.

Charles und Robert wetteiferten mit Montgolfier, sie stiegen am 1. Dezember 1783 in einem Ballon von Taffet, von 26 Fuß Durchmesser, aus den Tuillerien auf. In einer Höhe von 1500 bis 1800 Fuß

Digitized by Google

gingen sie zwei Stunden lang fort, und ließen sich endlich bei Neßle, 9 Lieues von Paris nieder. Der Mechaniker Robert stieg daselbst aus, und da nun Charles die Unvorsichtigkeit gehabt hatte, keine Anker mitzunehmen (welche wir auf unserer Zeichnung liegen sehen, in der Mitte unter der Gondel), so wurde der Ballon plötzlich um 130 Pfund erleichtert (ein Franzose gehört zu der leichten Waare, ein Deutscher hätte 160 bis 180 Pfund gewogen), und alsbald stieg derselbe mit reißender Schnelligkeit wieder aufwärts, und erhob sich viel höher als er vorher gestiegen war, auf mehr als 9000 Fuß. Allein ein wunderbarer Glücksstern waltete über dem Mann (später ging es unter ähnlichen Verhältnissen dem unglücklichen Zambeccari nicht so gut), er verlor die Besinnung nicht, wartete ab, bis der Ballon durch den Verlust an Gas wieder zu sinken begann, und kam dann mit großer Gemächlichkeit und ganz ohne Schaden unten an.

Von jetzt an ward es eine Art von Modesache für vornehme und reiche Leute, eine Luftfahrt mitzumachen, es war theuer, 1000, 2000 Francs für die Person, und es war gefährlich, was konnte man mehr verlangen, so betheiligten sich Grafen und Herzoge daran.

Das Wissenschaftliche ward hierbei ganz vernachlässigt, und als endlich ein Mechanikus Blanchard, welcher schon viele Jahre lang sich mit dem Versuche zu fliegen beschäftigt, die Luftreisen geschäftsmäßig und als Erwerbsquelle ausbeutete, kamen sie wieder in Mißkredit, obwohl als Gegenstand der Neugierde sie noch immer ein großes Publikum anlockten.

Mit der eigentlichen Verbesserung des Apparates beschäftigten sich Pilatre de Rozier und Graf Zambeccari, welche Beide Opfer ihres Eifers geworden sind. Beide hielten, ganz mit Recht, die Montgolfieren für brauchbarer als die mit Wasserstoffgas gefüllten Ballons, wenigstens dies ist richtig, daß nur sie, die Montgolfieren, sich beliebig verschiedene Male erheben und senken lassen, indessen dieses bei den Charlieren nur einmal möglich ist. Man kann nämlich das Wasserstoffgas aus einer großen Klappe, welche oben am Ballon angebracht ist, entlassen, dann nimmt der Ballon ein kleineres Volumen ein und sinkt — allein er verliert dadurch dasjenige, was ihn überhaupt tragefähig macht.

Es wird zwar immer Ballast mitgenommen, Sand in Säcken, die man zum Theil ausleeren kann, wenn man wieder steigen will, allein dies ist ein Hülfsmittel, welches nur für sehr kurze Zeit ausreicht und bald erschöpft ist. Ein besseres gewähren die Montgolfieren, welche zwar sehr viel größer gemacht werden müssen, als die anderen Ballons, wenn sie gleiche Tragefähigkeit haben sollen, jedoch auch aus einem Stoffe bestehen,

Digitized by Google

der kaum den zehnten Theil des Preises des anderen hat, nämlich aus Baumwollenzeug, nicht aus Seide.

Um einen Ballon dieser Art steigen zu lassen, macht man aus wollener Pappe, die in Alaunwasser getränkt, und mit Thon in Alaunwasser angestrichen ist, einen Ofen, von dem Durchmesser der unteren Oeffnung des Ballons — diese beträgt je nach der Größe der Maschine 4, 5 und mehr Fuß.

Dieser Ofen ist höchst einfach, er besteht aus nichts weiter als einem Cylinder, aus dieser Pappe, wenn sie getrocknet ist, zusammengebogen und mit einem Rost bedeckt. Der Rost liegt aber nicht unten, wie gewöhnlich, sondern oben, und ist nichts weiter als ein Tonnenreif mit Draht rostartig überzogen, welcher oben auf dem Cylinder liegt. Derselbe hat den Zweck, das die Luft erhitzende brennende Stroh am Eindringen in den Ballon zu verhindern, wo dies möglicher Weise demselben gefährlich werden könnte.

Den Cylinder setzt man auf vier bis sechs hochkantig gestellte Ziegelsteine, zwischen denen man Krummstroh anzündet, und wenn man nur Langstroh hat, dasselbe vielfältig geknickt und gebrochen aufhäuft, damit es eine recht krause, lockere Masse gebe, welche schnell aufbrennt — Langstroh auf einander liegend verhindert den Zutritt der Luft zu jedem einzelnen Halme, das Krummstroh ist überall von viel mehr Luft, dem Raume nach, umgeben als Stroh vorhanden ist, hierauf aber kommt es gerade an, der Brand soll mit ungemeiner Schnelligkeit und mit möglichst raschem Luftwechsel vor sich gehen.

Der Ballon wird zusammengefaltet so hoch über dem Ofen aufgehängt, daß gerade nur sein unterer offener Rand auf dem Rande des Ofens liegt, und die Spitze des Ballons senkrecht darüber steht. Da bei der Füllung der Ballon aber sich in dem Maße verkürzt, wie er aufschwillt, so muß er nicht oben festgeknüpft, sondern er muß durch einen Glas- oder Porzellanring emporgezogen werden, damit man die haltende Leine nachlassen könne, wie er aufschwillt. Geschähe dies nicht, so würde er sich erheben und von dem Ofen heruntergehen, wodurch die Füllung unterbrochen würde.

Bei geschickter Behandlung ist die Füllung in 5 Minuten beendet, denn sobald das Strohfeuer brennt, strömt unten kalte Luft in Menge ein, welche durch das Feuer erhitzt, oben bei dem Gitter entweicht, und in den Ballon getrieben, diesen aufschwillt. Natürlich wird man, je größer der Ballon ist, desto mehr Stroh verbrennen müssen, allein immer wird die Operation beendet, bevor der Ofen aus Pappe Gefahr läuft, selbst anzubrennen.

So wie bei dem seidenen Ballon, für Wasserstoffgas, wird man auch für diesen, von Kattun, ein Netz brauchen, an welchem die sogenannte

Digitized by Google

Gondel hängt, ein Holzgeſtelle, welches bei großen Ballons 12 Fuß Durchmeſſer hat, leicht, aber ſicher gebaut iſt und eine bruſthohe Gallerie trägt.

Um das Steigen und Sinken nach Belieben bewirken zu können, nahm Pilatre de Rozier Brennmaterial, wodurch während der Luftreiſe die Erwärmung der Luft geregelt, erhöht, vermindert werden konnte. Verringerte man das Feuer, ſo erkaltete die Luft im Ballon ſehr bald, und er begann zu ſinken, ſollte der Ball wieder ſteigen, ſo wurde das Feuer erhöht, und alsbald dehnte er ſich wieder aus, vertrieb mehr Luft aus der Stelle und ſtieg auf den Schwingen derſelben empor.

Trotz deſſen verunglückte der thätige Mann doch, indem er von England nach Frankreich überſetzte, am 15. Juni 1785, an welchem Tage er allerdings die Reiſe beinahe vollſtändig machte, aber ſchon dieſſeits des Kanals aus dem Ballon ſtürzte und unſern Boulogne zur Erde fiel und zerſchmettert wurde.

Das traurige Schickſal des Gelehrten hielt den Grafen Zambeccari nicht ab, ſich ſelbſt ein ähnliches zu bereiten. Auch er beſchäftigte ſich mit der möglichſten Verbeſſerung dieſes Inſtrumentes, erfand Ruder, Flügel ꝛc. dazu, machte aber bei alledem einen Verſuch, der beinahe mit ſeinem Tode endete, indem der Ballon riß und er in das Adriatiſche Meer ſtürzte. Als der Ballon ſo weit unter Waſſer war, daß der Riß keine Luft mehr entlaſſen konnte, blieb derſelbe, eine Halbkugel, über dem Waſſer ſchweben, und Zambeccari hielt ſich in den Leinen des Netzes, das ihn umgab, und trieb mehrere Tage ſo umher, von den abergläubigen Schiffern, welche den Luftball für ein Seeungeheuer — und da er rief und ſprach, für ein vom Teufel beſeſſenes Seeungeheuer hielten, entweder geflohen, oder angegriffen, indem ſie darauf ſchoſſen. Eine engliſche Fregatte ſchickte in einem Boote Matroſen nach dem Ungeheuer aus (die fürchten ſich bekanntlich vor dem Teufel nicht) und nahm den Unglücklichen auf.

Er machte nun mancherlei Verſuche und vielfältig glückliche Luftreiſen, bis zum Jahre 1812. In dieſer Zeit hatte er bemerkt, daß er ohne alle mechaniſche Hülfsmittel dem Ballon werde eine beliebige Richtung geben können, wenn er ihn nur in beliebig verſchiedene Luftſchichten bringe, weil in dieſen ſehr verſchiedene Windrichtungen herrſchten, wodurch er ſich denn hintreiben laſſen konnte, wohin er wollte.

Um dies möglich zu machen, hatte er ſich eine mächtig große Spirituslampe, in Form eines großen Kranzes mit ſehr vielen ringsumher ſtehenden Dochten anfertigen laſſen, dieſelbe hing in dem Halſe des Ballons und konnte, je nachdem man mehr oder weniger Lampen brennen ließ, die Luft in dem Ballon auf eine höhere Tragecultur bringen, oder auch ſie

Digitized by Google

verringern, wenn man die zugehörigen Deckel auf die einzelnen Flammen legte. Zambeccari war am 15. September 1812 mit einem Freunde aufgestiegen, nach sehr kurzer Fahrt mußte er sich aber wieder herablassen, weil dieser sein Freund schwindlig wurde, und aus der Gondel zu fallen fürchtete. Die nacheinander verlöschenden Lampen thaten ihren Dienst, der Ballon sank ruhig nieder; als er noch 5 Fuß vom Boden entfernt war, schwang sich der böse Freund über das Geländer, fiel zu Boden und ward dadurch Zambeccari's Mörder, denn statt das Ankern abzuwarten, und das Einnehmen neuen Ballastes, statt dann in Ruhe auszusteigen, wodurch alles so wohl Vorbereitete in bester Ordnung geblieben wäre, erhielt die Gondel einen gewaltigen Stoß, der Ballon verlor seine Belastung, und schoß daher mit einer furchtbaren Gewalt empor; der die Gondel erschütternde Stoß machte die Lampen überfließen, und ein Gefäß mit Weingeist zertrümmern — sofort stand Alles in hellen Flammen — der Ballon schoß noch immer mit stets vermehrter Rapidität aufwärts, man sah den unglücklichen Luftschiffer sich die Glieder so viel als möglich von dem Feuer befreien durch Schlagen, Drücken, er war bei der Erschütterung selbst mit Spiritus begossen worden — doch vergeblich — der Ballon selbst fing Feuer und Zambeccari, der sich herabstürzen wollte, um dem qualvollen Tode des Verbrennens, durch den rascheren, des Zerschmetterns, zu entgehen, blieb an dem Anker hängen und kam noch lebend, auf das gräßlichste verstümmelt, zu Boden, ja er lebte in diesem Zustande, halb verbrannt und halb zerbrochen an Armen und Beinen noch zwei entsetzliche Tage.

Herr und Madame Blanchard, Herr und Madame Garnerin erlitten ähnliche Unglücksfälle, wenn auch nicht so gräßlich, doch immer mit einem schmerzvollen Tode endend, obwohl Blanchard den sogenannten Fallschirm erfand, eine Vorrichtung, welche Unglücksfällen vorbeugen sollte.

Der Fallschirm.

Diese Vorrichtung hat die größte Aehnlichkeit mit einem gewöhnlichen Regenschirm, ist nur größer — die Stäbe, welche den Schirm bilden, sind 10 Fuß lang, das Zeug braucht nicht seiden zu sein, im Gegentheil ist starke Leinwand besser, weil dies Material weniger reißt und schlitzt als Seide, hierauf aber alles ankommt.

Wir sehen den Schirm hier aufgespannt, wie ihn beim Fallen der sich hineinsetzende Luftstrom sogleich öffnet. Am Ende des Stieles befindet sich ein Ring, in welchem die sämmtlichen Schnüre zusammenlaufen, welche

Digitized by Google

Fig. 522.

von je zwei Spreizen vereinigt, bis zu ihm hinab gehen. Der Stock in der Mitte bestimmt die Entfernung, bis zu welcher die Schnüre sich verkürzen können, bis zu welcher der Schirm sich entfaltet. An dem Kranze hängt in eben solchen feinen, aber starken Schnüren die Gondel, ein cylindrischer Korb, groß genug, um einige Personen, Ballast und etwas Lebensmittel einzunehmen.

Dieser Fallschirm hängt gewöhnlich, wie Figur 523 zeigt, an dem Ballon (dessen unterste Spitze wir über dem Fallschirm sehen), an einer einfachen, aber starken Schnur, deren Lösung der Mann in der Gondel in seinem Willen hat; sobald er sich von dem Ballon trennt, geht

Fig. 523.

dieser, seiner Last ledig, plötzlich mit großer Gewalt in die Höhe und eben so plötzlich fährt der in der Gondel Sitzende hernieder, bis sich der Wind in die Falten des Schirmes hineingesetzt hat und sie aufbläst, worauf dieselben auch sogleich die oben beschriebene Form annehmen, und man mit größter Langsamkeit niedergeht, so daß, wenn der Luftschiffer auf freiem Felde ankommt, es ohne die mindeste Gefahr, ohne Beinbruch, ja ohne merkliche Erschütterung abgeht; allein gefährlich ist die Sache darum doch, denn Falls es das Unglück will, daß der Ast eines Baumes die eine Seite des Schirmes auffängt, so neigt derselbe sich, durchschneidet auf der hohen Kante die Luft und ein häßlicher Sturz ist unvermeidlich; auch wenn der Baum den ganzen Schirm auffängt, kann die Lage des Luftschiffers sehr kritisch werden. An dem breiten, hohen Stamme ist nicht herabzuklettern, und oben sitzen bleiben, bis Leute kommen, die das seltene Thier, den Vogel Rock, der sich in der schönen Pinie verfangen hat, schießen wollen, wie es Robertson in Italien gegangen sein soll, ist durchaus nichts Angenehmes.

Die hier beschriebene Art der Befestigung ist diejenige, welche man wählen muß, wenn die Veranstaltung dienen soll, um Unglück vorzubeugen,

Digitized by Google

es befinden sich dann alle Personen in der Gondel, welche der Ballon tragen soll und kann. Wird das Niederlassen des Fallschirmes jedoch nur als Schauspiel benutzt, wie die Leute, welche Luftbälle gegen Entree steigen lassen, solches beabsichtigen, so wählt man eine andere, minder unangenehme Art. Der Fallschirm hängt dann nicht am Ballon, sondern an der Gondel. In dieser sind die Luftreisenden. Derjenige, welcher mit dem Fallschirm absteigen soll, gewöhnlich eine phantastisch geschmückte Dame, befindet sich in einer viel kleineren Gondel, unten am Fallschirm. Wenn nun alle Komplimente gegen das staunende Publikum gemacht, Fahnen geschwenkt und Gedichte auf die kühne Luftschifferin, von ihr selbst, aus der Gondel geworfen sind, sie auch auf das Wohl des hohen Adels und des großmüthigen Publikums ein Glas Wein geleert und das leere Glas fortgeworfen hat, und unterdessen, unter großem Beifallklatschen der Zuschauer, der Ballon die verlangte Höhe erreicht hat, wird die Klappe des Ballons, das Ventil desselben geöffnet, er senkt sich majestätisch und es setzt sich (das ist der eine Zweck des Sinkens) die Luft in den Fallschirm und dehnt ihn aus. Nunmehr wird das Seil, woran er befestigt war, gelöst, und der Fallschirm sinkt, bereits geöffnet, bereits von der Luft getragen, auf die sanfteste Weise, und ohne einen Augenblick zu fallen und den daran Hängenden zu erschrecken oder zu erschüttern, nieder.

Wie steht es denn mit den Bewohnern der Gondel, werden sie nicht mit einem desto furchtbareren Ruck emporgerissen, indem der Ballon mit wüthender Schnelligkeit steigt, aus den Quadratfuß großen Maschen des Netzes das Seidenzeug sich hervordrängt, die Füllung es zu zersprengen und den Luftschiffern den Tod zu bringen droht? Nichts von allen dem. Der Luftballon war durch das geöffnete Ventil im Sinken begriffen, er sinkt auch nach der Trennung des Fallschirms noch (dies war der andere Zweck der Oeffnung der Klappe), und hört nicht eher auf, als bis man das Ventil wieder schließt. Dies wird natürlich geschehen sobald der Dirigent es für nöthig hält, damit er die Steigkraft nicht verliert, in Thätigkeit muß sie aber erst dadurch gesetzt werden, daß man Ballast auswirft. Auf diese Art wird für die Insassen des Ballons jede Gefahr und jede Unbequemlichkeit vermieden.

Diese ursprünglich rein physikalischen Werkzeuge wurden aber auch, als Kinder Frankreichs, von diesen zu militairischen Zwecken verwendet. Im Jahre 1794 trat nämlich eine Commission des Wohlfahrtsausschusses zusammen, welche die Aerostaten als ein Beobachtungsmittel bei Armeen vorschlug. Der Chemiker und nachherige Obrist Coutelle wurde mit der technischen Ausführung beauftragt. Ein Versuch zu Meudon, bei Paris, bestätigte ihre Anwendbarkeit, hierauf wurden förmliche Compagnieen Aero-

Digitized by Google

statiers, unter dem Oberbefehl Coutelle's organisirt, diese Truppen machten die erste Anwendung von diesem Beobachtungsmittel zu Maubeuge; dort erhob sich der Ballon zwei Mal des Tages, um die Arbeiten und Bewegungen des Feindes und seine Stärke zu beobachten. Viele beim Aufsteigen des Ballons nach demselben abgeschossenen Kanonenkugeln erreichten ihr Ziel nicht. Dann ging Coutelle mit seinen Aerostatiers nach Charleroi und beobachtete diesen Platz zwei Tage, darauf blieb er während der Schlacht von Fleurus 9 Stunden in der Luft.

Eine Stelle aus Fourcroy's pomphaftem Bericht möge noch hier Platz finden. „Jedem denkenden Menschen muß der große Vortheil einleuchten, die Lager einer feindlichen Armee, ihre Zusammensetzung, ihre Waffengattungen, ihre Stellung, selbst ihre Bewegungen mit allen Veränderungen in den entscheidenden Augenblicken des Kampfes bei Gefechten, Treffen und Schlachten, bei Postirungen, Belagerungen oder Märschen bestimmt übersehen zu können. Was sind die Nachrichten der Spione, die Aussagen der Ueberläufer, die Streifritte der Husaren und die Recognoscirungen der trefflichsten Feldherren zusammengenommen, gegen solche Beobachtung von Oben herab, die gemacht von geschickten Offizieren und mit der nöthigen Kühnheit in Betreff der Nähe, keinen Zweifel übrig lassen."

„Der am Tage des Treffens bei Fleurus emporgestiegene Luftballon ist oval, hat 29 Fuß Länge, 19 Fuß Höhe und 47 Fuß Umfang" (ein kleiner Rechenfehler: der Kreis hat mehr als den dreifachen Durchmesser zum Umfang, der Ballon hatte über 60 Fuß Umfang). „Von der Gondel geht eine Schnur auf die Erde, woran der Beobachter seine Papiere herab sinken läßt. Der Ballon selbst wird an Seilen gehalten, und bei widrigem Winde durch zwanzig und mehr Pferde gezogen. Jener Ball hatte auf den Höhen von Namur einen heftigen Sturm ausgestanden, und war dann nach Brüssel gebracht, wo er den 10. September 1794 ankam."

„Diejenigen, welche am 13. Juni zu Maubeuge den Luftballon gesehen hatten, wie er einer gegen ihn gerichteten Batterie von 17 Kanonen Trotz bot (!) wie er am 23. Juni über die Redouten von Charleroi hinweg nach Gosseliers, Fleurus, Limbusart gegangen, diejenigen, welche die Generale und Stabsoffiziere, und selbst den General en Chef hatten damit aufsteigen sehen, um selbst über die Richtigkeit der Beobachtungen zu urtheilen — sagten bei seiner Abfahrt: „„das ist eine Verstärkung von 50,000 Mann für unsere Armee.""

„Mehrere Gelehrte haben 10 Monden lang ihre Nachtwachen daran gewendet, um die Kunst der Aerostatik zu vervollkommnen und zu erleichtern, sie haben uns ein neues Mittel geliefert, mit geringen Kosten und mit

Digitized by Google

Materien, die man überall findet, jene leichte Flüssigkeit, welche die Bälle spannt, in hinlänglicher Menge selbst für den größten Ball zu erzeugen. Man hat die ausgezeichnetsten Talente für die Mechanik, und selbst die größten Kenntnisse in der Webekunst aufgeboten, um in Lyon einen bis dahin unbekannten Seidenstoff fabriciren zu lassen, der für die Aerostaten die Bedingung der Leichtigkeit und der Stärke in einem unerwarteten Grade vereinigt, es sind mehrere Compagnien von Aerostatiers errichtet worden, man hat für den regelmäßigen Dienst derselben neue Manoeuvres erdacht, und schon haben wir durch 34, den Feinden gegenüber unternommenen Luftfahrten denselben Bewunderung abgedrungen, bald werden alle unsere Armeen ihre Zelte, ihr Tauwerk und ihre Heeresabtheilungen von Luftschiffern haben."

Diese Voraussagung ist nicht eingetroffen; so praktisch die Sache *scheint*, so wenig muß sie es doch sein, denn man hat nichts weiter davon gehört, obschon *Napoleon* auf seinem Zug nach Aegypten einige Aerostaten mitnahm, und selbst noch 1831 dergleichen nach Algier gebracht worden sind, daß sie aber angewendet worden, findet man nirgends.

Der einzige *wissenschaftliche* Versuch, den *Biot* und *Gay Lussac* im Jahre 1804 in Paris machten, da sie sich in einer *Charliere* bis auf nahezu 22,000 Fuß erhoben (die Franzosen machten daraus 28,000 Fuß, und setzten bei Darstellungen der Höhenverhältnisse die Gebirge der Erde, darauf einen Ballon mit der Umschrift: „*Biot et Gay Lussac* 24. Août 1804", 1500 Fuß höher als der Dhavala Giri), hat nur die Abnahme der Dichtigkeit der Luft nach den bekannten Gesetzen bestätigt und gezeigt, auf welche Weise an diesem Tage und um diese Tageszeit, die Temperatur mit der Höhe abnimmt.

Gase und Dämpfe.

Was bisher über die atmosphärische Luft gesagt worden ist, findet auch statt für alle bis jetzt bekannt gewordenen Gase; sie haben Gewicht, Maße oder Körperlichkeit, sie sind elastisch u. s. w., aber einen Gegenstand haben wir für die Luft noch nicht betrachtet, und obwohl wir sagen müssen, auch hier verhalten sich die Gase gerade wie die atmosphärische Luft, so müssen wir doch auch sagen, beide, die Gase und die atmosphärische Luft verhalten sich anders wie die anderen Körper — nämlich die Lehre von der Undurchdringlichkeit paßt nicht auf dieselben.

Das Tuch ist undurchdringlich, denn obwohl der Schneider die Nadel hindurchsteckt, so ist doch da, wo die Nadel steckt, kein Tuch. Der Käse,

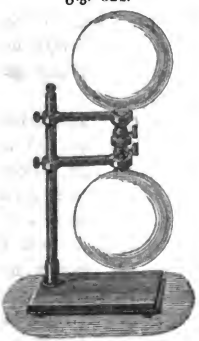
Digitized by Google

das Brod, sind undurchdringlich, denn obwohl das Messer durch beide hindurchgeht, ist doch da, wo Messer ist, kein Brod, und da, wo Käse ist, befindet sich nicht zugleich Messer — und Wasser ist undurchdringlich, denn obschon ich mit der Tasse in das Wasser hineinfahre, und es so zu sagen durchdringe, so ist dies doch wirklich keineswegs der Fall, denn wo Tasse ist, da ist kein Wasser, und da wo das Wasser sich befindet, ist kein Porzellan.

Mit der Luft aber ist dies anders, sobald von zwei Luftarten die Rede ist, wiewohl es im ersten Augenblick nicht einmal anders zu sein scheint, denn wenn man z. B. in ein Glas mit Oel ein Glas voll Wasser gießt, so vertreibt dies das Oel ganz und gar, und nimmt dessen Stelle ein, und wenn man über ein Glas, welches atmosphärische Luft oder Wasserstoffgas enthält, ein anderes bringt, welches eine schwerere Gasart, z. B. Kohlensäure enthält, so fließt die letztere, als ob es Wasser wäre, aus dem höher stehenden Glase in das untere und vertreibt die atmosphärische Luft vollständig.

Nun wollen wir den Fall aber anders nehmen. Wir haben hier zwei Kugeln, die mit einander verbunden werden können. Füllen wir die untere mit Oel, die obere mit Wasser, und öffnen wir die Hähne zwischen beiden, so tauschen die Flüssigkeiten ihre Plätze aus — oder war ursprünglich das Oel oben, das Wasser unten, so behalten sie ihre Plätze. Nicht so, wenn es Gase sind, gleichviel, welche Stelle sie einnehmen; sobald die Verbindung zwischen beiden geöffnet wird, so durchdringen sie einander; in den Gefäßen ist Wasserstoff und Kohlensäure, oder Wasserstoff und Stickstoff, oder atmosphärische Luft (welche selbst solch ein Beispiel von Durchdringung ist, indem sie aus einem solchen Gemenge von Sauerstoffgas und Stickstoffgas besteht) und Wasserdampf, kurz was für Gasarten man nehmen will, und wie viele man nehmen mag, immer sind nach kurzer Zeit alle so gemischt, daß man alle überall findet.

Fig. 524.



Wasserstoffgas ist leichter als gewöhnliche Luft, füllt man damit ein Gefäß, und stellt man es mit der Oeffnung nach unten gekehrt hin, so müßte das Glas mit Wasserstoffgas gefüllt bleiben — durchaus nicht; in wenigen Minuten ist jede Spur desselben verschwunden, das Glas ist mit

Digitized by Google

Luft gefüllt. Bringt man die schwere Kohlensäure in ein Glas, und läßt man es mit der Oeffnung nach oben gekehrt stehen, so sollte die Kohlensäure darin stehen bleiben, als ob es Wasser wäre; denn Kohlensäure ist so schwer, daß sie sich überfüllen läßt, wie wir bereits bemerkt, aus einem Glas in das andere, wofür wir noch einige recht interessante Belege anführen können. Wenn man z. B. eine Maus in ein Glas setzt, das oben offen, mit atmosphärischer Luft gefüllt ist, ein ähnlich großes aber, mit Kohlensäure gefüllt, darüber hält und so neigt, daß die schwere Luft in das Glas mit der Maus überfließt, so wird dies Thierchen ängstlich, schnappt nach Luft, und einen Augenblick später ist es todt — erstickt durch die tödtlich giftige, nicht athembare Luft. Minder grausam fällt das Experiment aus, wenn man ein Stückchen brennendes Licht an den Boden des Glases bringt und dann die Kohlensäure ausgießt — das Licht erlöscht sogleich wie die luftförmige Säure die Flamme umgiebt.

Hier ist ein untrüglicher Beweis von der größeren Schwere der kohlensauren Luft, sie sollte also in einem offenen Gefäße stehen bleiben, gerade wie Wasser in einem solchen stehen bleiben würde, wenn man es in ein größeres Gefäß, mit Oel gefüllt, setzte — es geschieht jedoch nicht, die Kohlensäure bleibt nicht an dem ihr angewiesenen Platze, sie vermischt sich mit der anderen Luft, aber auf eine solche Art, daß keine chemische Verbindung stattfindet, wiewohl die Luftarten sich vollkommen durchdringen und man nirgend sagen kann, hier ist Sauerstoff, aber kein Stickstoff, oder umgekehrt.

Auch Körper, welche sonst für das Wasser undurchdringlich sind, werden es für Gase. Wenn man Wasserstoffgas in eine Blase bringt und fest zubindet, oder durch einen Hahn verschließt, so möge man ja nicht glauben, daß man morgen noch Wasserstoffgas darin habe — es ist Knallgas darin, ein Theil des Wasserstoffgases ist durch die Haut entwichen, und dafür ist ein Antheil atmosphärischer Luft hineingedrungen, die Blase ist noch so gespannt wie früher, aber sie enthält nicht mehr die einfache, sondern eine gemischte Gasart — noch einen Tag später ist das eingefüllte Gas gänzlich verschwunden, und die wie früher gefüllte Blase enthält nur atmosphärische Luft. Es ist aber nicht der Sauerstoff allein, es ist jede beliebige Gasart ganz eben so geeignet zu diesem Austausch, welchen man Endosmose und Exosmose nennt.

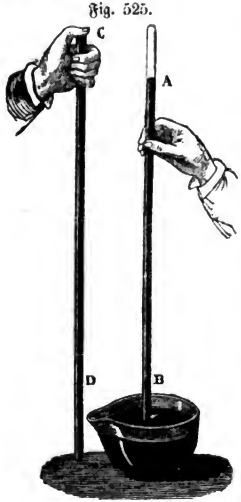
So nehmen denn die Gase nicht Theil an einem der allgemeinsten Gesetze, sie befolgen Ausnahmsgesetze, sie mengen sich, ohne sich chemisch zu ergreifen, denn gerade durch chemische Operationen kann man sie wieder trennen, und sie werden eines durch das andere gar nicht beschränkt oder

Digitized by Google

gehindert, ſie werden höchſtens in ihren Bewegungen ein wenig aufgehalten.

In einen Kubikfuß, der mit Waſſerſtoffgas gefüllt iſt, kann noch ein Kubikfuß Kohlenſäure, und ein Kubikfuß Waſſerdampf, und ein Kubikfuß atmoſphäriſche Luft gebracht werden, es geht alles hinein, ohne daß eines das andere ſtört, die Verbreitung geſchieht nur langſamer. Wenn in eine mit Luft gefüllte Glaskugel eine Quantität Waſſer gebracht wird, ſo verdampft ſo viel davon, bis die eingeſchloſſene Luft ganz mit Waſſer geſättigt iſt. Dies dauert vielleicht eine Stunde, man kann es an einem Inſtrument, welches man Feuchtigkeitsmeſſer nennt, ſehr gut beobachten, wie es nach und nach geſchieht. Nun wiederhole man den Verſuch, indem man eine ähnliche Kugel oder Glocke luftleer pumpt, und dann erſt Waſſer hineintreten läßt. In dem Augenblick, wo dies geſchieht, wird man das Hygrometer ſehr ſchnell, in einigen Secunden, alle Grade von der Trockniß bis zur höchſten Feuchtigkeit durchlaufen ſehen, die Feuchtigkeit hat ſich ſchneller in dem Glaſe verbreitet, wenn es luftleer, als wenn es luftvoll iſt, allein es iſt eben ſo viel darin verdunſtet, ob das Glas leer oder ob es voll war.

Fig. 525.

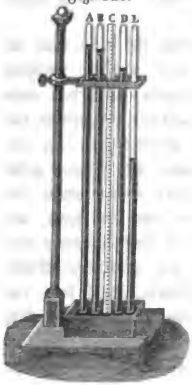


Es iſt nun von Wichtigkeit, die Verhältniſſe kennen zu lernen, nach denen ſich die Gaſe, die Dämpfe mit der atmoſphäriſchen Luft miſchen, und hierüber giebt uns die Torricelliſche Röhre, aus welcher das Barometer wird, den nöthigen Ausſchluß.

Wir ſehen in Fig. 525 ein Rohr *C D*, ganz mit Queckſilber gefüllt, man hält den Daumen auf die Mündung der Röhre, kehrt ſie dann, indem man ſie mit der anderen Hand faßt, um, bringt das zugehaltene Ende in eine, mit Queckſilber gefüllte Schaale *B*, und zieht dann den verſchließenden Daumen weg, ſo wird, wenn die Röhre etwa 3 Fuß lang iſt, das Queckſilber darin ſinken, um etwa 8 Zoll, es wird ungefähr auf 28 Zoll ſtehen bleiben, oben wird bei *A* ein leerer Raum ſein, den man die Torricelliſche Leere nennt.

Digitized by Google

Fig. 526.



Man ſtellt die ſo umgekehrte Röhre in ein Geſtelle, welches uns Fig. 526 zeigt. Ein Fuß mit einer Stange, die einen Arm trägt, in welchem man die Röhre befeſtigen, wenigſtens aufrecht hinſtellen kann, ſo daß die Mündung derſelben in dem Queckſilbergefäße unten ſteht, und ſie oben einen freien Spielraum hat. *A* iſt dieſe Röhre.

Jetzt mache man das Experiment mit einer zweiten Röhre noch einmal, bringe aber, ſtatt dieſelbe ganz zu füllen, am Schluſſe, wenn dieſe Füllung mit Queckſilber ſo weit geſchehen iſt, daß noch Raum für zwei oder drei Tropfen Waſſer darin iſt — dieſe oben auf das Queckſilber, kehre nun die Röhre um, ſo daß die Oeffnung nach unten kommt, warte ab bis ſich der Waſſertropfen ganz nach oben begeben hat, dann öffne man dieſe Röhre und ſtelle auch ſie in dem oben angegebenen Geſtelle neben der erſten *A* auf.

Das Experiment wird zum dritten Male wiederholt und Weingeiſt ſtatt des Waſſers, es wird zum vierten Male wiederholt und Aether ſtatt des Weingeiſtes angewendet. So ſehen wir denn vier Glasröhren *A B D E* neben einander ſtehen, und zwiſchen ihnen die Skala *C*, an welcher man die Höhenunterſchiede meſſen kann. Diejenige Röhre, in welcher nur Queckſilber iſt, ſteht am höchſten, dort übt nichts als das Queckſilber einen Gegendruck gegen die Atmoſphäre aus, welche auf dem Queckſilber in dem allen vier Röhren gemeinſchaftlichen Gefäße ruht.

Demnächſt ſteht etwas niedriger das Queckſilber in derjenigen Röhre, welche Waſſer enthält — es iſt nur ein Tropfen, er verdunſtet im luftleeren Raume augenblicklich, und der Waſſerdampf wirkt als Gegengewicht gegen den Druck der Atmoſphäre, die Luft kann das Queckſilber nicht ſo hoch drücken als im luftleeren Raum, denn der Raum bei *B* iſt nicht luftleer.

Noch niedriger ſteht *D* mit Weingeiſt, am niedrigſten *E* mit Aetherdampf. Man ſieht hier, daß eine entſchiedene Wirkung des Dampfes auf die Atmoſphäre vorhanden iſt, und das Inſtrument, womit man dieſe Wirkung, dieſen Druck mißt, heißt Barometer, denn es iſt ganz gleichgültig, ob der Waſſerdampf im luftleeren Raume wirkt, wo er den Stand des Queckſilbers erniedrigt, oder ob er im luftervüllten Raume wirkt, wo er den Stand des Queckſilbers erhöhet, daher man mittelſt des Barometers auch

Digitized by Google

die Differenzen beobachten kann, welche die Anwesenheit des Wasserdampfes in der Atmosphäre hervorbringt.

Unter den vorhin angeführten Röhren ist die mit *A* bezeichnete das Barometer — natürlich giebt man demselben eine andere Einrichtung, denn so wie es dasteht, wäre es höchst ungeschickt, nicht transportabel, und dies muß es sein, daher wird es denn gewöhnlich so angefertigt, wie die mit 527 bezeichnete Figur hierneben zeigt. Ein ungefähr 32 Zoll langes Brett dient zur Befestigung einer Glasröhre von nahezu 32 Zoll, welche unten auf die Länge von 2 Zoll umgebogen ist. Da wo diese Biegung endet, wo die Röhre offen, ist an derselben ein weites Gefäß angeschmolzen. Man wählt dasselbe möglichst weit, bei den allerschlechtesten Barometern, wie die italienischen Barometermacher sie sonstmals hausirend herumtrugen, doch wenigstens 1 Zoll im Durchmesser, wenn die Röhre eine Leine hielt, bei besseren Barometern, bei denen dann immer auch die Röhre weiter ist, hat das Gefäß wohl 2 Zoll Durchmesser. Auf die Weite kommt für genaue Beobachtungen sehr viel an.

Fig. 527.

Die Röhre wird mit Quecksilber gefüllt, umgekehrt, mit dem geschlossenen Ende nach unten, erwärmt mit großer Behutsamkeit, damit die an den Glaswänden hängende Luft fortgehe, endlich aber das Quecksilber in's Kochen komme, und seine durch die Röhre streichenden Dämpfe jede Spur von Luft mit sich fortreißen, denn es ist ein unerläßliches Erforderniß, daß die Röhre, in welcher das Quecksilber steht, völlig luftleer sei, weil man ja ein Maaß des äußeren Druckes der Luft haben will, ohne beirrt zu werden, durch einen Gegendruck, welcher einen Antheil Luft im Innern eingeschlossen, auf den Stand des Quecksilbers ausüben würde.

Das Auskochen ist mühsam und gefährlich, aber nothwendig, denn ohne dieses ist ein Luftleermachen nicht zu denken. Die Erhitzung muß stark sein, denn das Quecksilber kocht erst bei ungefähr 300 Grad, das Glas springt bei solcher Erhitzung leicht, dann fließt das Quecksilber in's Feuer und stößt tödtliche Dämpfe aus, daher der Dilettant wohl thut, dieses Experiment zu unterlassen, weil Geschicklichkeit und Erfahrung dazu gehört. Diejenigen Leute, welche Barometer und Thermometer gewerbsmäßig fabriciren, kochen das Barometer ohne alle Gefahr für sich aus, weil sie darauf eingerichtet sind.

Ist das Rohr nunmehr so weit fertig, so wird es auf dem Brette befestigt, dann aufgerichtet, das Quecksilber sinkt in dem oberen Theile, und

Digitized by Google

es handelt sich nun darum, zu messen, wie hoch es steht. In das erweiterte Gefäß unten wird noch etwas Queckſilber gegoſſen, bis eine ſolche Höhe erreicht iſt, daß man mit Sicherheit annehmen kann, hier ändert ſich die Weite des Gefäßes nicht mehr bei jeder Linie, um die das Queckſilber ſteigt oder fällt, was unten jedenfalls ſtattfindet.

Von dieſem ſo gegebenen Standpunkte (dem Niveau) fängt man an zu meſſen. Man bringt neben und halb hinter das Rohr einen Streifen Meſſing, der ſtets gerade und eben gerichtet und in Zolle, bei dem oberſten Viertel ſeiner Länge aber auch in Linien getheilt iſt. Neben dieſem Theile des Maaßſtabes läuft ein Zeiger an einem Draht verſchiebbar, mittelſt deſſen man die Stellung des Queckſilbers mit irgend einem Theilſtrich der Skala in Uebereinſtimmung bringen, und daraus den Stand, d. h. die Höhe der Queckſilberſäule ermitteln kann.

Das Barometer ſinkt und ſteigt nun beinahe 3 Zoll. Was oben in den Röhren weniger, das iſt unten in dem Gefäße mehr, ſomit ändert ſich der Stand des Queckſilbers, und mithin der Punkt, von welchem man zu meſſen beginnt. Wenn das Gefäß groß iſt, ſo vernachläſſigt man dieſe Veränderung gänzlich, wenn es klein iſt, ſo wird der Unterſchied zu bedeutend, um vernachläſſigt werden zu dürfen, deßhalb müſſen Verkehrungen getroffen ſein, dieſen Fehler zu verbeſſern, das geſchieht gewöhnlich dadurch, daß die Skala beweglich iſt, und ihr Anfangspunkt mit dem Niveau in gleiche Lage geſtellt werden kann. Wenn das Barometer mit kleiner Kupfel keine ſolche Vorrichtung hat, wie gewöhnlich, iſt es ein unnützes Ding, was zu keiner Beobachtung irgend einer Art anwendbar iſt. Die ſchlechten Inſtrumente, welche man von den Hauſirern für ein Billiges erhandelt, ſind von dieſer Art.

Die Figur 528 auf Seite 284 ſtellt ein anderes, ein ſogenanntes Heberbarometer vor, es beſteht aus einer 4 Fuß langen Röhre, wovon etwa 16 Zoll heberförmig aufwärts gebogen ſind. Soll das Barometer in Form eines Stockes zum Reiſebarometer verwandelt werden, ſo nimmt man zwei Enden eines und deſſelben Rohres, von möglichſt gleichem Durchmeſſer, etwa 1 Fuß lang, bringt zwiſchen dieſe ein dünneres Rohr, durch Anſchmelzen mit beiden Enden verbunden, und giebt demſelben die Biegung, welche die Zeichnung angiebt, wodurch eine Verkleinerung des Raumes erzielt wird. Fig. 528 ſtellt ein ſolches Reiſebarometer vor, welches durch eine Thür geſchloſſen werden kann, ſo daß hierdurch ein hinlänglicher Schutz erreicht wird.

Da die beiden Enden des Hebers — das oberſte, in welchem das Queckſilber beim Aufrichten des Inſtrumentes fällt, und das unterſte, in

Digitized by Google

welchem es in demſelben Augenblicke ſteigt — ganz gleich weit ſein ſollen,*) ſo muß Steigen und Fallen in beiden Schenkeln auch ganz gleich ſein, hierauf ſtützt ſich die Beobachtungsmethode. Ganz unten iſt der Anfangspunkt der Skala, welche über 32 Zoll hinaufgeht, beim Aufrichten ſteht das Queckſilber oben bei 30 Zoll — dies iſt bei uns gar nicht möglich — das Niveau ſteht aber auf 2 Zoll — dieſe 2 Zoll werden von jenen 30 abgezogen, nun ſteht die Sache richtig. Oder das Queckſilber ſteht oben auf 28 Zoll, unten aber auf 4 Zoll, dieſe dermaßen von jenen 28 Zoll abgezogen werden, bleiben 24 Zoll — das iſt auch kein Standpunkt, den wir gewöhnt ſind — doch ſteht es einmal ſo, je nun, wir werden wohl ein paar tauſend Fuß höher ſtehen als geſtern, wir haben das Barometer vorher im Thale, und jetzt auf dem Gipfel des Berges beobachtet, das macht einen Unterſchied; dieſer Unterſchied zeigt uns zugleich, wozu wir das Barometer noch werden brauchen können, nämlich um Höhenunterſchiede zu meſſen, hierfür auch iſt es von größtem Belang, es giebt gar kein Inſtrument, welches demſelben an Sicherheit gleich käme, die trigonometriſchen Meſſungen haben eine ſo geringe Schärfe und Genauigkeit, daß man ſie nur als einen Nothbehelf brauchen kann; das Prinzip, worauf ſie beruhen, iſt ein vollkommen richtiges, und es läßt ſich mathematiſch erweiſen, daß die Reſultate unantaſtbar ſeien, wenn richtig gemeſſen wird, Wenn!! das iſt ein böſes Wort. Das Inſtrument, womit man die Winkel mißt, iſt von Menſchen gemacht, und Menſchen ſind es, die es brauchen, des Verfertigers und des Experimentators Mittel ſind menſchlich beſchränkt. Die Meſſung geſchieht an einem Bogen von 6 Zoll Radius — 50,000 Fuß weit davon, (d. h. 100,000mal ſo lang als der Radius) iſt das Ziel, wohin geſehen wird, der Fehler, welchen das Inſtrument macht, multiplicirt ſich alſo mit 100,000 — wie hübſch groß kann er da werden, und welch einen Einfluß hat er auf die Berechnung. Mit dem Barometer in der Hand geht man dahin, wo die Meſſung angeſtellt werden ſoll — dies trügt nicht! darum — wenn man den Ort erreichen kann, wählt man dies Inſtrument, und nur wenn es unmöglich iſt, den Gipfel des Berges z. B. zu erreichen, greift man zu den trigonometriſchen Meſſungen.

Das Barometer giebt den Druck der Luftſäule, welche auf dem offenen Theile des Barometers ſteht, durch die Höhe einer Queckſilberſäule, an welcher von da ab gemeſſen werden muß, wo das Queckſilber im offenen

*) Iſt das nicht der Fall, ſo taugt das Inſtrument eben ſo wenig wie eins vom Hauſirer.

Digitized by Google

Schenkel steht. Es ist dies Barometer eine Queckſilberwaage im eigentlichſten Sinn des Wortes, auf der einen Waageſchale ruht die Luft, auf der anderen eine dem Gewichte der Luft entſprechende Menge Queckſilber. Dieſe Waage wirkt nach dem Prinzip der communicirenden Röhren.

Bringt man ein Glasrohr von etwa 5 Fuß Länge ſo zuſammen, daß die beiden Hälften parallel neben einander ſtehen, die Höhlung der Röhre aber bei der Biegung nicht zugeſchmolzen iſt, alſo eine hineingebrachte Flüſſigkeit aus einer Röhre in die andere treten kann, ſo wird ſich leicht zeigen laſſen, welche Rolle das Queckſilber im Barometer ſpielt. Wir haben bereits von dieſem Experimente geſprochen. Man gieße ſoviel Queckſilber in die gebogene Röhre, bis daſſelbe in beiden Schenkeln 1 Zoll hoch ſteht, dann fülle man auf einer Seite Waſſer in die Röhre. Dadurch wird das Queckſilber in dieſer Röhre niedergedrückt, in der anderen gehoben werden, und wenn der eine Schenkel beinahe ganz mit Waſſer gefüllt iſt, wird der andere nahezu alles Queckſilber enthalten, es hat demnach das Waſſer bei 27 Zoll Höhe ſo viel Gewicht als das Queckſilber bei 2 Zoll Höhe. Nimmt man ſtatt Waſſer Weingeiſt, ſo wird man einige 30 Zoll, und nimmt man ſtatt deſſen rauchende Schwefelſäure, ſo wird man nur die Hälfte davon zugießen müſſen, um jenen 2 Zoll Queckſilber das Gleichgewicht zu halten. (S. S. 192 u. f.).

Fig. 528.

Eben ſo iſt es mit der Luft. Um ihr das Gleichgewicht zu halten, muß in dem einen Schenkel das Queckſilber 28 Zoll hoch ſtehen, während der andere bis an die Grenzen der Atmoſphäre reicht. Da dieſes muthmaßlich ſehr unbequem wäre, ſo ſchließt man eine etwa 30 Zoll lange Glasröhre auf einem Ende, füllt ſie mit Queckſilber, kehrt ſie um und läßt, nachdem ihr offenes Ende (ſ. die Fig. 528) in ein Queckſilbergefäß geſtellt iſt, auf dieſes offene Ende die ganze Atmoſphäre wirken, was nach dem Geſetz des Standes von Flüſſigkeiten in communicirenden Röhren ganz daſſelbe ſein muß, als ob man eine Röhre neben der Queckſilberröhre bis an die Grenzen der Atmoſphäre führte.

Wenn beide Röhren zur Abwägung der Luft mittelſt Queckſilber offen, ſo würde die Luft auf beide drücken, und man würde alſo das Queckſilber in beiden Röhren gleich hoch ſtehen ſehen, darum ſchließt man den einen Schenkel luftdicht, nun iſt oben über dem Queckſilber nichts, ein leerer Raum, es drückt mithin auch die Luft nicht darauf, und das Queckſilber kann die ganze Höhe einnehmen, welche nöthig iſt, um der Luft, die auf den offenen Schenkel drückt, das Gleichgewicht zu halten.

Digitized by Google

Ist nun der Druck der Luft verschieden, ihr Gewicht einmal geringer, ein andermal höher, so wird auch das Gegengewicht, nämlich der Stand des Quecksilbers, verschieden sein müssen, bei geringerem Druck der Luft wird das Quecksilber minder hoch stehen, bei stärkerem höher.

Es wäre nun zu fragen: was ist der Grund dieses verschiedenen Druckes der Luftmasse — sie, welche die Erde umgiebt, ist doch immer dieselbe, ihre Menge ist nicht einmal größer, einmal geringer, — gewiß nicht! aber ihre beweglichen Theile werden einmal hier in größerer Menge, dort in geringerer zusammengeweht; die Belastung der Luft mit Feuchtigkeit ist ebensowenig gleich über die ganze Erdoberfläche, und diese Unterschiede giebt das Barometer an.

Wenn der Durchschnitt der Röhre, in welcher das Quecksilber steht, 1 Quadratzoll beträgt, so wiegt das darin enthaltene Quecksilber etwas über 15 Pfund. Einen solchen, diesem gleichen Druck übt die Luft auf Alles aus, was sich auf der Oberfläche der Erde befindet, und nicht bedeutend über dem Meeresspiegel erhoben ist. Da die Luft aber elastisch und eine Flüssigkeit ist, so übt sie diesen Druck nach allen Richtungen hin aus, und was sich in ihr erhebt, wird von oben und von allen Seiten gedrückt. So erleidet nicht bloß der Boden, auf welchem der Mensch steht, sondern der Mensch selbst einen solchen Druck.

Dieser Druck aber ist nicht gering, 15 Pfund auf einem Quadratzoll entsprechen 2216 Pfund auf einem Quadratfuß. Die Oberfläche des Menschen pflegt man zu 15 Quadratfuß anzuschlagen, so lastet demnach auf dem Menschen, der nicht auf Alpenhöhen wohnt, ein Druck von ungefähr 32,000 Pfund, mit einem mehr oder minder von 2,300 Pfund, wenn man einen Wechsel des Barometerstandes von nur 2 Zoll annimmt, der Unterschied beträgt aber für Bewohner bedeutender Höhen, wie z. B. des Schwarzwaldes und der würtembergischen Alp, oder für die Bewohner der Schweiz viel mehr, und Leute, wie die Bewohner der Gegend von Quito, wo das Barometer 7 bis 8 Zoll niedriger steht als am Meeresufer, tragen 10,000 Pfund weniger als wir.

Man schreibt die Krankheit, welche die Bergbewohner oft mit unbesiegbarer Gewalt befällt, diesem Druck zu, der 4 bis 6000 Pfund ausmacht, welchen sie in den Ebenen mehr zu tragen haben als auf ihren Bergen. Da der Druck jedoch physisch ganz unfühlbar ist, so glaubt Schreiber dieses nicht daran, sondern hält die Krankheit für einen Erziehungsfehler, der allen Gebirgsbewohnern Süddeutschlands eigen ist; die Unfähigkeit, sich in andere als die gewohnten Verhältnisse zu versetzen. Keinem Bauer fällt ein, seine Kinder darauf aufmerksam zu machen, daß

Digitized by Google

sie einmal in einem anderen Hause, an einem anderen Orte ihr Brod werden essen müssen, sie erwachsen in den beschränkten Verhältnissen des älterlichen Hauses, und alles Andere ist ihnen „die Fremde". Ein würtembergischer „Bildweber" (Damastweber) erzählt mit Selbstgefühl, er sei 7 Jahre in der Fremde gewesen und habe sich wohl was versucht und was Rechtschaffenes gelernt, und siehe er ist in Münsingen, Urach, Tübingen und Reutlingen gewesen, lauter Orte, welche eine Meile, anderthalb Meilen von einander entfernt liegen, ihm sind sie die Fremde! Heimath ist ihm nur das Dorf, in welchem er geboren ist. Heirathet ein Mädchen aus einem Dorfe in ein anderes, so ist sie tief verachtet, wie eine Landläuferin. „S'hat ja koi Heimat!" (Sie hat ja keine Heimath) „die wiescht Dingerin" und sie fühlt sich unglücklich ihr Leben lang, sie hat das Heimweh; ja es geht noch weiter; wenn ein Dorf sich in ein oberes und ein unteres theilt, so erlebt man es gewöhnlich, daß wenn ein Mädchen aus dem oberen Dorfe in das untere heirathet, sie das Heimweh bekommt — täglich den geliebten Mann auf mehrere Stunden verläßt und oben in ihrer Heimath irgendwo am Wege sitzt, jämmerlich weinend, als ob das schneidendste Weh, die herzerschütterndsten Unfälle sie betroffen hätten. Sie hat das Heimweh, das sie oft noch nach 6 bis 8 Jahren Abwesenheit aus ihrer Heimath, d. h. aus dem Theile des Dorfes, in welchem sie erwachsen, befällt. Hier wird doch Niemand an den Unterschied des Barometerstandes denken.

Sonderbar ist es, daß nur müßige Leute dieses Heimweh befällt; der Knecht, der auf der Alp geboren, die Magd, welche im Unterlande 2000 Fuß niedriger, dienen und arbeiten müssen, um ihres Lebensunterhalts willen, haben das Heimweh nicht, und von dem Schweizer Soldaten, welcher sich für goldne Francs, oder silberne Lire verkaufte, hörte man dergleichen Klagen auch nur selten. Wäre die Ursache des Heimwehes eine physische, so müßte sie Alle, die sich unter der Last dieser Ursache befinden, gleichmäßig und nur mit individuellen Unterschieden, treffen. (Zimmermann Erdball. I. Atmosphäre.)

Daß der Druck nicht fühlbar, rührt von der gleichen Vertheilung desselben her. Der thierische Körper wird durch die 32,000 Pfund von allen Seiten gleich stark gedrückt, und zwar nicht blos von rechts nach links und von links nach rechts, nicht blos von oben nach unten und umgekehrt, sondern eben so sehr von innen nach außen wie von außen nach innen, die Luft ist selbst in unserem Körper vertheilt, ganz von eben solchem Druck wie die äußere, und kann daher nicht nachtheilig und beschwerlich werden.

Ein Beispiel, welch einen Druck zerbrechliche Substanzen ertragen

Digitized by Google

können, findet man in einem Ei, das man in ein Gefäß mit Wasser bringt, welches zum Beweise für die Zusammendrückbarkeit des Wassers eingerichtet ist. Das Ei wird unter dem Druck von sechs bis acht Atmosphären nicht zerbrechen, obschon dabei das zehnmal dickere Glas vielleicht zerbricht, weil hier der Druck einseitig.

Noch viel auffallender und demonstrativer macht man das Experiment auf folgende Weise. Man bläst ein Ende von dem Blinddarme des Kalbes auf und bindet die dadurch gewonnene Luftblase recht fest und dicht zu. Diese Blase bringt man in den Oerstedt'schen Apparat und beginnt nun das Wasser zu comprimiren, indem man durch eine kleine Druckpumpe immer mehr Wasser und mehr hinein treibt, was hier viel leichter geht als wenn das Wasser seine Behälter ganz erfüllt. Man wird dabei bemerken, daß die Blase immer kleiner wird, auf den vierten, sechsten, zehnten Theil ihres früheren Raumes zusammensinkt. Dieses Kleinerwerden steht genau im Zusammenhange mit dem Druck, welchen das Wasser erleidet, steht dieses unter einem doppelten Druck, so wird die Blase halb so groß sein als sie in freier Luft war, steht das Wasser unter dreifachem, vierfachem Druck, so ist die Blase auf ein Drittel, auf ein Viertel zusammengeschrumpft — bei dem Ei sieht man diese Veränderung nicht, weil dieses selbst gleichfalls mit einer flüssigen Substanz gefüllt ist, und obschon durch das Experiment die Eihaut ringsum von der Schaale losgelöst wird, so sieht man doch an dem Ei äußerlich keine Veränderung, indeß dieselbe an der Luftblase höchst auffallend ist.

So nun, wie die schwache, dünne Haut einem Druck widersteht, welcher 60, 90 und mehr Pfund auf den Quadratzoll beträgt, so widersteht das Gewebe des thierischen Körpers dem viel geringeren Drucke aus ganz gleichen Ursachen.

Ein noch anderes Beispiel liefert uns das Goldschlägerhäutchen, dies widersteht gar einer mechanischen Gewalt, welche zermalmend darauf wirken sollte, ganz gut. Das sogenannte Schaafhäutchen, die Eihaut, in welcher das Kalb, das Lamm geboren wird, dient zum Feintreiben des Goldes. Es wird in nassem Zustande auf hölzerne Rahmen gespannt, getrocknet und in viereckige Stücke, von der Größe eines halben Octavblattes geschnitten. Diese Haut ist so fein, daß schon ein Ballon von 6 Zoll Durchmesser daraus gefertigt, durch eine Wasserstofffüllung gehoben wird, so fein, daß ein Schneller mit dem Zeigefinger dagegen zehn Häutchen zerreißt, wenn sie dicht an einanderliegend aufgespannt sind, und diese Häutchen, bei all' ihrer Feinheit, werden durch die Schläge eines 10 Pfund schweren Hammers nicht zerstört, wenn sie als Zwischenlagen zwischen dem Goldblättchen und

Digitized by Google

einem polirten Ambos liegen, indem sie den Schlag erhalten. Tausende solcher mit Kraft geführter Schläge fallen hintereinander auf, das Gold wird getrieben, bis der leiseste Lufthauch es hebt und davon führt, das Goldschlägerhäutchen aber hält diese Mißhandlungen aus, ohne zu zerreißen, welch ein Gewicht würde es nun erst aushalten, wenn Luft, die weiche zarte Luft, der drückende Körper wäre, wenn man es in einen 10 Meilen tiefen Schacht bringen würde, in welchem die Luft unter ihrem eigenen Gewichte unendlich schwerer als Gold geworden wäre!

Wie beschwerlich dagegen dieser nicht fühlbare Druck der Luft werden könne, wenn er *ungleich*, einseitig wird, davon geben uns zwei Erscheinungen Beweise. Der Mensch hat sich hundert- und tausendfältig in eine Luft versetzt, in welcher er nur einen halb so großen, in welcher er einen zwei bis dreimal so großen Druck erleidet als unter den gewöhnlichen Umständen. Das erste geschieht beim Besteigen hoher Berge, das zweite könnte geschehen beim Befahren sehr tief unter das Niveau des Meeres hinabsteigender Schachten, dasselbe *könnte* nicht geschehen, sondern *geschieht wirklich* beim Untersinken unter die Meeresfläche in einer Taucherglocke.

Eine Wassersäule von 32 Fuß Höhe ersetzt, wie wir wissen, eine Quecksilbersäule von 28 Zoll, oder eine Luftsäule von der Höhe der Atmosphäre. Geht Jemand in einer Taucherglocke 32 Fuß tief unter die Meeresfläche (bei Salzwasser übrigens nur 30 Fuß, weil dieses schwerer ist als süßes Wasser), so wird er wahrnehmen, daß die Luft, welche an der Oberfläche der See die ganze Glocke ausfüllte, nunmehr bis auf die Hälfte zusammengesunken ist. Man hat aber in der Glocke durchaus nicht weniger Luft als vorher, denn wenn die Glocke wieder an die Meeresfläche erhoben wird, so hat die Luft darin auch wieder die frühere Ausdehnung.

Geht man mit der Taucherglocke bis auf 60 Fuß, so ist die Luft auf ein Drittheil, geht man bis auf 90 Fuß hinab, so ist sie bis auf ein Viertheil ihres ursprünglichen Volumens zusammengedrückt.

Allerdings würde es sehr unpraktisch sein, wollte man die Glocke zu drei Viertheilen oder mehr voll Wasser laufen lassen, daher befindet sie sich durch ein starkes, biegsames Rohr in Verbindung mit einer Compressionspumpe, die ihr, wie sie sinkt, immerfort Luft nachschickt, sie mithin ganz voll Luft erhält, diese jedoch befindet sich eben so gut unter einem Druck von vier Atmosphären, wie sich die ursprünglich in der Glocke eingeschlossene und bis auf ein Viertheil ihres Umfanges zusammengedrückte darunter befand.

Um nun auf den einseitigen Druck zu kommen, so wird Jemand, der einmal in einer Taucherglocke bei einem Wasserstande von 80 bis 90 Fuß

Digitized by Google

über sich — dies Abenteuer in seinem ganzen Leben nicht vergessen, der Druck auf die Sinnesorgane und auf die Lunge ist so groß, daß man glaubt ihn nicht ertragen zu können, der Schmerz, welchen der geringste Laut bei der ungeheueren Intensität des Schalles unter solchem Drucke auf das Trommelfell (auch einseitig, da die Paukenhöhle durch die eustachische Röhre vom Munde aus nicht so schnell mit derselben Luft gefüllt wird) erzeugt, kann nicht peinlich genug beschrieben werden, es artet in eine wirkliche physische Marter aus.

Das Entgegengesetzte findet beim Besteigen hoher Berge statt. Wenn dort in der Taucherglocke die äußere Luft die dichtere ist und nach innen drückt, so ist umgekehrt unter dem geringeren Luftdruck auf der Bergeshöhe die innere Luft die dichtere, und um sich mit der äußeren in's Gleichgewicht zu setzen, schwellt sie die einzelnen Körpertheile auf, drängt sie das Blut in die zartesten Lymphgefäße, daß sie geröthet und brandig erscheinen, ja es dringt das Blut aus den Augen, den Lippen, der Nase und den Ohren. Eine unbesiegbare Mattigkeit und eine Schwerfälligkeit in den Bewegungen, als ob man nicht von einem Drucke befreit, sondern von einem viel schwereren belastet würde, ist die Folge davon, und diese Folge hängt wieder unabweislich mit dem Luftdruck zusammen.

Es ist nämlich durch einen unserer berühmtesten Physiologen und Physiker, den Professor Weber in Leipzig bewiesen, daß die Extremitäten des thierischen Körpers durch den Druck der Luft in ihren Pfannen, in ihren kugelförmigen Höhlungen erhalten werden. Ist die Oberfläche des großen Schenkelkopfes da, wo er in der Halbkugel des Hüftbeines einsitzt, 4 Quadratzoll groß, und liegt er mit dieser Fläche an der Pfanne dicht an, so vermag diese Hohlkugel, wie eine Magdeburgische Halbkugel ein Gewicht von 60 Pfund zu tragen. Daß es so sei (nicht sein könne), ist durch Experimente bewiesen, indem man an zum Seciren bestimmten Theilen thierischer Körper, die Pfanne anbohrte. Der Schenkel hing auch ohne die Muskelkraft des Thieres in seinem Lager, bis die Bohrung die glatte Oberfläche der Pfanne, den Knorpel erreichte, so bald hier eine Oeffnung so groß wie ein Stecknadelstich gemacht, und der Luft Zutritt gestattet wurde, sanken die beiden Schenkeltheile, der obere und untere so weit hinab, als es die im Innern des Gelenkes befestigte Sehne gestattete.

Aus dieser wunderbaren, weisen Einrichtung sehen wir, daß beim Gehen die Muskulatur des Beines, des Armes mit dem Tragen nicht beschäftigt ist — getragen wird der Arm und das Bein in seinem Schulter- oder Hüftgelenke durch die Luft, welche den Knorpel gegen die Pfanne drückt.

Digitized by Google

Hierzu ist aber ein gewisser Druck der Luft nöthig, ein geringerer genügt nicht — für den in der Ebene Geborenen genügt nun auch der geringere Druck der Luft, den er auf hohen Bergen fühlt, nicht; um die Schenkelmasse ohne Kraftanstrengung zu tragen bedarf es eines Druckes von 60 Pfund auf 4 Quadratzoll — dort in Quito oder St. Fe de Bogota hat er nur 40 Pfund darauf lasten, will er also sein Bein nicht schleppen lassen, so muß er es durch die Kraft seiner Muskeln heben, und diese Anstrengung fühlt er bald als Ermüdung. Daher auch beim Besteigen hoher Berge die auffällige Bemerkung, daß die Müdigkeit sofort verschwindet, wie man still steht oder sich setzt, dagegen auch beim ersten weiteren Schritt wieder da ist, was man sich früher nicht, nach dieser Untersuchung aber sehr wohl erklären konnte.

Es reihet sich daran die Erfahrung, daß Pferde, Hunde, welche den besten Racen angehören, die trefflichsten Renner — wenn sie auf große Höhen gelangen, gar nicht brauchbar sind. Spanische Pferde nach Quito gebracht sind durchaus nichts werth — kaum darf man ihnen zumuthen ihre Herren eine halbe Stunde lang in Schritt zu tragen, von Trab oder Galopp ist gar keine Rede. Hunde, welche zur Jagd abgerichtet, begierig auf die Verfolgung des Wildes sind, versuchen zwar ihrer Neigung zu folgen, stehen aber in wenigen Minuten, ihre Unzulänglichkeit fühlend, von dem Versuche ab. — Ein wenig ändert die Zeit daran, aber noch nach Jahren der Angewöhnung kommen sie sehr bald außer Athem, scheinen engbrüstig, da sie doch nur müde, angegriffen von der in der Ebene gar nicht nöthigen Anstrengung sind. Sie gewinnen ihre volle Brauchbarkeit sehr bald wieder, wenn sie in ihre früheren Verhältnisse versetzt werden.

Bei den dort geborenen Thieren ist dasjenige, was ihrem Körper an Tragefähigkeit durch die weniger dichte Luft entzogen ist, dadurch, wie es scheint, ersetzt, daß die Uebung von kleinauf sie lehrt, ihren Muskeln die nöthige Spannung zu geben, und was diese Uebung, wenn sie zur rechten Zeit, d. h. eben in der Jugend, zur Zeit des Wachsthums aller Kräfte eintritt — zu leisten im Stande ist, sehen wir an Turnern, Seiltänzern, Kunstreitern u. s. w.

Ein solcher geringer Luftdruck hat auf eine Menge von, dem Menschen sehr wichtigen Angelegenheiten einen so entschiedenen Einfluß, daß daraus Verlegenheiten entstehen, z. B. wird in solchen Gegenden, wo das Barometer so sehr niedrig steht, daß Wasser nicht heiß genug zu häuslichen Verrichtungen, zum Kochen des Kaffees, zum Kochen des Fleisches; Bouillon trinkt man daher in Quito, in Bogota, oder gar am Titicacasee nicht, man müßte sie denn durch einen papinischen Topf bereiten, wozu das Volk wieder

Digitized by Google

zu indolent ist. Das Fleisch wird also dort, außer in vornehmen Häusern, nur gebraten genossen.

Alle die Gewerbe, welche des Wassers von 80 Grad bedürfen, können dort nicht getrieben werden, Färberei, Hutmacherei, Leimfabrikation, Spiritusfabrikation. — Jene Länder, die schönsten der Erde, nicht von giftigen Gewürmen, Insekten, Amphibien geplagt, wegen ihrer Höhe unter einem ewig heiteren milden Himmel gelegen, durch ihre Reize geeignet, alle Wünsche des ungenügsamen Menschen zu befriedigen, sind doch gerade durch den geringen Druck der Luft (der von uns so sehr verschrieen wird) nicht so geeignet, bewohnt zu werden als diejenigen Länder, welche, tiefer gelegen, einem stärkeren Luftdruck ausgesetzt sind.

Da das Wasser eines gewissen Druckes der Luft bedarf, um beim Kochen eine gewisse Temperatur anzunehmen, so ist man auf den Gedanken gekommen, den Kochpunkt des Wassers zu benutzen, um daran Höhen zu messen, und Wollaston hat hierzu ein Instrument erfunden, welches ihm zwar Mr. Reguault nacherfunden hat, und welches in den französischen Lehrbüchern neuester Zeit auch nur unter dem Namen dieses Gelehrten vorkommt, dennoch schon vor wenigstens 40 Jahren dagewesen, und von England zu uns gekommen ist. Dasselbe besteht aus einem Gefäß von Messing, aus vier Cylindern *c t t t*, welche so eingerichtet sind, daß sie in der Stellung, welche die Fig. 529 zeigt, ein zusammenhängendes Rohr bilden, umgekehrt sich aber ineinander versenken lassen, so daß das oberste Stück im zweiten, dieses im dritten, und alle drei im vierten steckend nur den Raum von *l* bis *v* einnehmen.

Fig. 529.

Das unterste Stück dieser vier Cylinder ist bei *c* zum Theil mit Wasser gefüllt, in dem darunter befindlichen Fuß *e* steht eine Spirituslampe, welcher durch die Oeffnungen *o* Luft zuströmt, die erhitzt den Kessel *c* umspielt, und bei *o'* entweicht. Ganz oben sind zwei Oeffnungen, eine seitwärts, um den Wasserdampf zu entlassen, die andere, um ein Thermometer hineinzusenken, welches in dem Korkstöpsel steckt und bis nahe zur Wasserfläche hinabreicht. Beim vollständigen Kochen steht das Thermometer überall im Wasserdampf.

Das Wasser siedet unter dem gewöhnlichen Luftdruck an der Meeresfläche, in Grönland oder in Madras bei 100° Celsius, auf dem Hospiz am St. Bernhard in 7668 Fuß Höhe siedet es bei 92,2, in Quito bei ungefähr 9000 Fuß siedet es schon bei 90°, auf dem Pic von Teneriffa

Digitized by Google

in 11200 Fuß Höhe bei 87,75, auf dem Mont blanc in 14800 siedet es bei 86,5.

Man sieht aus dieser Zusammenstellung, daß ungefähr für jede 1000 Fuß Höhe das Wasser bei einem Grad weniger kocht, findet man nun die Unterschiede genau heraus, so kann man wieder, wenn diese Unterschiede eintreten, zurückschließen auf die Höhen, denen sie entsprechen. Da aber, wenn man genau messen will, die Grade einige Zoll lang sein müssen, damit man doch mit Bequemlichkeit einen 200stel Grad ablesen kann, so müßte ein solches Thermometer zum Mindesten 200 Zoll, d. h. zwischen 16 und 17 Fuß Länge haben, eine große Unbequemlichkeit, welche die Brauchbarkeit des Instruments sofort in Abrede zu stellen berechtigte. Allein da es sich nur um den Siedepunkt handelt, so braucht man ja nur diejenigen Grade an seinem Thermometer zu haben, welche abwärts von diesem stehen, man macht also das Thermometer nicht länger als 1 Fuß — ungefähr wie jedes andere, gießt aber so wenig Quecksilber hinein, daß es erst beim 95sten Grade in die Röhre steigt, hier hat man auch 2 Zoll für jeden Grad — allein freilich hat man nur die Grade von 95 bis 100. Wie wir aus den wenigen Beispielen, die wir in Zahlen gegeben haben, sehen, so wird eine solche Beschränkung nicht ausreichen, man macht daher auch solche Thermometer, bei denen das Quecksilber schon bei 90 Grad in die Röhre tritt, diese gehen aber auch gar nicht bis 100, sondern nur bis 95, man hat noch andere, welche nur bis 85 — bis 80, ja bis 75 Grad zeigen, sie erreichen also den Siedepunkt an der Meeresfläche nicht, das schadet aber nichts, denn dazu sind sie auch gar nicht bestimmt, wenn sie nur den Siedepunkt in einer Höhe von 10000 — 15000 — 20000 Fuß erreichen. Die Unbequemlichkeit läge also nur darin, daß man ungefähr wissen müsse, wie hoch man sich befindet, um zu wissen, welches Thermometer man wählen soll. Es unterliegt aber außer dieser einen das Instrument doch noch so vielen anderen Unbequemlichkeiten, daß es sich zum Höhenmessen niemals recht eingebürgert hat; allein es hat wenigstens bestätigt, was man schon längst wußte, was aber stets übersehen worden ist, daß es beim Verfertigen von Thermometern höchlichst darauf ankomme, den Barometerstand zu kennen, bei welchem es graduirt ist. An der Meeresfläche ist nahezu jeder Zoll Barometerstand einem Grad der hunderttheiligen Skala entsprechend, so daß ein Thermometer, welches bei einem Stande von 26 Zoll graduirt ist, von einem solchen, das bei 29 Zoll graduirt worden, um volle drei Grad abweichen wird.

Wir haben noch einiges zu sagen über das Barometer als Wetterglas, als Mittel, das Wetter vorher zu verkünden. Von Hause aus muß das

Digitized by Google

ganz verworfen werden, denn das Barometer zeigt den gegenwärtigen, nicht den künftigen Stand der Dinge an, es ist indessen möglich, aus dem gegenwärtigen Stande einigermaßen haltbare Schlüsse auf die künftigen Zustände zu ziehen, und insofern hat es einigen Werth, da man sich aber niemals mit Sicherheit auf die Richtigkeit der Anzeigen verlassen kann, weil sie von vielen verschiedenen Ursachen herrühren, so ist das Instrument als Wetterglas nicht eben von Bedeutung.

Fechner hat möglichst vollständig zusammengetragen, was man aus vieljährigen Beobachtungen ermittelt hat.

1. Das Steigen überhaupt bedeutet schönes heiteres Wetter, das Fallen sogenanntes schlechtes, d. h. Regenwetter, Schnee und Sturm.
2. Die Anzeige durch den Gang des Barometers ist sicherer als die durch den Stand. Wenn das Barometer tief stand und dabei Regenwetter war, es aber nun bis veränderlich steigt, so folgt meistens schönes heiteres Wetter; wenn es bei sehr schönem Wetter sehr hoch stand und es fällt aber noch lange nicht bis auf veränderlich, so folgt doch häufig Regen. Wenn man unter scharfer Beobachtung des Standes an das Barometer klopft, und es erhebt sich dabei ein wenig, so ist es im Steigen begriffen, sinkt es dagegen, so ist es im Fallen begriffen. Noch besser ist diese Beobachtung ohne Klopfen nach dem sogenannten Hütchen oder Kütchen, wenn das Barometer nämlich im Steigen begriffen ist, so steht es oben in der Röhre mit gerundeter, gewölbter Oberfläche, es hat ein „Hütchen" ist es dagegen im Fallen begriffen, so ist die Oberfläche des Queckſilbers vertieft, hat ein Grübchen oder Kütchen.
3. Bei sehr heißem Südwinde zeigt das plötzliche Fallen ein Gewitter an, ein nahendes; beim Heraufziehen des Gewitters selbst steigt aber das Barometer und fällt wieder, nachdem es vorüber gezogen ist.
4. Das Steigen im Winter bedeutet Kälte, bei anhaltendem Frost, Schnee; starkes Fallen um diese Zeit bedeutet Thauwetter.
5. Das veränderte Wetter, welches bald nach dem Steigen oder Fallen des Barometers eintritt, hat nicht lange Bestand, steigt oder fällt das Barometer aber langsam, jedoch ununterbrochen zwei bis drei Tage lang, so ist das darauf folgende veränderte Wetter von Dauer.
6. Unbeständige Bewegung des Barometers bedeutet wandelbare Witterung.

Digitized by Google

7. Fallen des Barometers bei stiller oder besonders bei einigermaßen südlich wehender Luft und heiterem Himmel, an einem kalten Oktober- oder Novembermorgen, bedeutet baldigen reichlichen Regen oder Schnee.
8. Sehr schnelles Steigen, besonders nach einem Regen, bei etwas südlich wehendem Winde, läßt in wenig Tagen mehr Regen erwarten.
9. Fallen des Barometers, wenn der Mond einen Hof hat, soll sicher Regen oder Schnee bedeuten.
10. Fallen des Barometers bei vollkommen südlichem Winde bringt fast immer Regen.
11. Wenn das Barometer bei südlichem Winde wenig steigt und nach vielem Regen niedrig bleibt, so ist schöner, heiterer Himmel zu erwarten.
12. Wenn bei heiterem Himmel, nach einem Regen, der Wind einigermaßen vorwärts geht und dabei das Barometer steigt, so kann man sicher Hoffnung auf schönes Wetter hegen.
13. Wenn das Barometer bei anhaltend schönem Wetter und Nordwinde hoch steht und noch zu steigen fortfährt, erfolgt nie eher Regen als bis der Wind wieder etwas südlich wird.
14. Auf anhaltenden Regen bei Südwind wird selten schönes Wetter folgen, bevor das Barometer steigt und der Wind entweder etwas nach Norden oder nach Westen kommt.
15. Wenn des Morgens der Himmel sehr roth ist, gleich darauf die Luft sehr wolkig wird und das Barometer mit einer hohlen Oberfläche stehen bleibt, so ist an demselben Tage noch Regen zu erwarten.
16. Fallen des Barometers bei einigermaßen nördlichem Winde, deutet auf Regen, fortwährendes Fallen auf viel Regen.
17. Wenn nach einem Regen bei Südwind, der Wind sich einigermaßen westlich oder nördlich dreht, und das Barometer zu steigen beginnt, so kann man, selbst wenn es noch regnet, schließen, daß der Regen nicht mehr lange anhalten werde.
18. Wenn bei schönem Wetter das Barometer zwei oder drei Tage sehr niedrig stehen bleibt, ehe ein Regen fällt, so folgen gewöhnlich lang anhaltende Winde und große Nässe.
19. Es ist merkwürdig, daß die gewöhnlichsten Zeichen des Regens zur Zeit der Hundstage kommen und immer wiederkehren — man hat nicht nöthig sie zu beachten, so lange das Barometer noch hoch steht.

Digitized by Google

20. Fällt das Barometer während eines Thaues ohne Regen, zumal wenn sich der Wind aus Norden einigermaßen südlich gedreht hat, so folgt eine feuchte Luft und warmer Nebel.
21. Wenn das Barometer tief gesunken ist, ohne daß eine auffallende Erscheinung sich an Ort und Stelle dargeboten hat, so kann man annehmen, daß zur selben Zeit an anderen Orten starke Orkane, heftige Ungewitter oder Erdbeben stattgefunden haben.
22. Wenn das Barometer im März ungewöhnlich hoch steigt, so kann man auf einen trockenen Sommer, wenigstens auf ein heiteres Frühjahr hoffen. (Wenn die Hoffnung dann auch nicht erfüllt wird, schadet es nicht viel, ist im Gegentheil dies vielleicht desto besser.)

Es ist dieser Gegenstand hier ausführlich berührt worden, um den vielen Personen, welche sich mit Barometer- und Witterungsbeobachtungen abgeben, einen Leitfaden zu bieten, man sieht jedoch, wie viele Bedingungen, und Fraglichkeiten, und Möglichkeiten zu dem einfachen Fallen und Steigen des Barometers gefordert werden, um darnach eine Vorhersagung zu machen und daß diese dann immer noch nicht einzutreffen braucht; denn — „so folgt meistens" — „so wird gewöhnlich" — „so kann man hoffen" ꝛc. sind so wenig bestimmte Ausdrücke, daß man sich gar nicht wundern kann, wenn etwa das Gehoffte nicht eintrifft. Arago sagt, indem er sich ernstlich vertheidigt gegen die Behauptung, er habe dieses oder jenes Wetter verkündigt: „Niemand, dem seine Ehre als Naturkundiger lieb ist, kann das Wetter auf einen Monat, eine Woche, einen Tag — was sage ich, nur auf eine Stunde vorhersagen!"

Viele Liebhaber der Meteorologie, welche Zeit und Geld übrig haben, würden gewiß die Mühe der Beobachtung und den Aufwand für die Anschaffung eines guten Barometers nicht scheuen, wenn sie überhaupt wüßten, daß sich Beobachtungen damit noch aus anderen interessanten und wissenschaftlich wichtigen Gesichtspunkten anstellen lassen als zu der, immer sehr unsicher bleibenden Vorausfagung der Witterung, daher wir hierüber noch Einiges mittheilen wollen, umsomehr, als genau geführte, Vertrauen erweckende Reihen von Beobachtungen, von Journalen für Meteorologie und Atmosphärologie sehr gerne aufgenommen werden.

Wer das Barometer einige Tage lang beobachtet, findet bald eine Unregelmäßigkeit als Regel heraus, welche ihn an irgend einem Resultat verzweifeln läßt — er hat zu kurze Zeit beobachtet und da freilich gesehen, daß der Stand des Barometers unaufhörlich und ohne ein in die Augen springendes Gesetz wechselt; wer jedoch dadurch nicht abgeschreckt wird, nicht die Geduld verliert (ein solcher möge sich denn auch

Digitized by Google

gar nicht mit Beobachtungen abgeben, denn dazu gehört viel Geduld), der wird im Laufe eines Jahres finden, daß sich ganz bestimmte tägliche Perioden des Steigens und Fallens herausstellen, wird finden, daß ein gutes Barometer abwechselnd täglich zweimal fällt und zweimal steigt, und daß die höchsten wie die niedrigsten Standpunkte auf gewisse Stunden des Tages fallen, die man Wendestunden nennt, die aber keineswegs über die ganze Erde dieselben sind, sondern nach Lage und nach Jahreszeit wechseln.

Man findet ferner, daß der Barometerstand in gewissen Jahreszeiten und gewissen Monaten höher ist als in anderen (in Mittel- und Norddeutschland, Nordfrankreich und den, unter gleichen Breiten liegenden Theilen von Polen und Rußland im Herbst und Winter höher als im Frühjahr und Sommer, die geographische Länge bei derselben Breite bedingt hier allerdings bedeutende Unterschiede).

Man findet ferner, wenn man alle Barometerstände des Jahres zusammenzählt, und die gefundene Summe von Zollen mit der Zahl der Beobachtungen theilt, einen gewissen Stand heraus, den man den mittleren Barometerstand des Ortes nennt. Man findet ferner, daß, wenn man dieses am Ende eines zweiten Jahres eben so macht, der mittlere Barometerstand des zweiten Jahres dem des ersten sehr nahe ist. Man findet ferner, daß, wenn man viele solche Jahresmittel wieder addirt, und die Summe durch die Zahl der einzelnen Glieder dividirt, eine neue Jahresmittlere herauskommt, welche von allen den einzelnen noch weniger differirt, als diese unter sich selbst. Diese eigentliche mittlere Zahl aus mehreren mittleren Zahlen ist für jeden Ort von großer Wichtigkeit, sie zeigt den Luftdruck im Allgemeinen an, sie giebt die Höhe über dem Meere an, und sie ist so genau, daß die einzelnen Jahresmittleren von ihr kaum an einer halben Linie abweichen. Die Verschiedenheit dieser einzelnen unter sich ist größer, allein doch auch nur so unbedeutend, daß der größte Unterschied zweier Mittleren an demselben Orte nur drei Linien betragen hat. Dies war zu Ullenswang der Fall, woselbst der mittlere Barometerstand des Jahres 1815 von dem des Jahres 1824 um soviel verschieden war — eine wirkliche Seltenheit.

Abgesehen von aller Beziehung auf das Wetter, kann man sich sehr nützliche Aufgaben stellen: 1) Den mittleren Barometerstand seines Orts zu finden. 2) Den mittleren Stand des Barometers in jedem Monat zu suchen. 3) Die Größe des Unterschiedes der Barometerstände und die Zeit zu ermitteln, in welche diese Extreme fallen, d. h. zu sehen, wie hoch und wie niedrig das Barometer kommt, und in welcher Jahreszeit es auf diese Stellungen gelangt. 4) Kann der mittlere Barometerstand für gewisse Stunden des Tages gesucht werden, und zwar wieder nach Monaten oder

Digitized by Google

nach Jahren. 5) Kann man die Zeit der Wendepunkte des Barometerstandes aufsuchen. 6) Kann die mittlere Größe der täglichen Barometerschwenkung gesucht werden, wieder nach Monaten und nach Jahren unterscheiden. 7) Kann man durch sorgfältige Beobachtungen erforschen, welchen Zusammenhang Veränderung der Windrichtung, Mondwechsel, Gewitter ꝛc. mit dem Gange des Barometers haben. 8) Kann man noch ermitteln, welchen Einfluß die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit auf den Barometerstand hat.

Das Ideal würde erreicht werden, wenn mehrere Personen sich verbänden, das Barometer jahrelang halbstündlich zu beobachten, wie man ja von bestimmten Tagen eines jeden Monats über die ganze Erde, von Neuholland bis Schottland und von Südamerika bis Nordasien, den Gang der Magnetadel beobachtet und zwar nicht halbstündlich, sondern alle fünf Minuten. Solche stündliche oder halbstündliche Beobachtungen müßten Tag und Nacht fortgesetzt werden, dann aber auch Hygrometer, Thermometer, Windfahnen u. s. w. mit beobachtet, und aus allen diesen Beobachtungen monatliche oder jährliche Mittlere gezogen werden. Dadurch würde man unbedingt zu Beantwortung aller der obigen Fragen gelangen, ermitteln, was dort als zu ermitteln aufgestellt ist, auch sind thatsächlich mehrere solche Beobachtungsreihen durch das Zusammenwirken verschiedener Personen gewonnen worden, welche unschätzbar sind, allein es ist nicht zu verlangen, ja es ist unmöglich, daß ein Einzelner dies durchführe, derselbe wird sich mit drei oder vier Beobachtungen täglich begnügen müssen. Allerdings kann er mit diesen vier Beobachtungen nicht den täglichen Gang der Barometerveränderungen und die Zeit der Wendepunkte finden, allein sie genügen doch für alles dasjenige, was auf den Gang desselben für Monate, Jahreszeiten und Jahre Bezug hat, ebenso wie zur Ermittelung des mittleren Barometerstandes und der Höhe eines Ortes, wenn nur die Zeit der Beobachtungsmomente gut gewählt ist. Wer sich zwar um die Wissenschaft verdient machen, aber dies doch mit seiner Bequemlichkeit vereinigen — wer täglich sechs Beobachtungen machen, aber alle sechs in den Morgenstunden absolviren will, der wird nicht viel Kluges leisten, wer jedoch auch nur drei tägliche Beobachtungen macht und sie bei uns z. B. um 10 Uhr früh (Maximum) um $12\frac{3}{4}$ (mittlerer Stand des ganzen Tages) und in $4\frac{1}{2}$ (Minimum), anstellt, wird schon etwas sehr Verdienstliches leisten, indem er außer der Mittleren des Tages, auch noch die Grenze der Schwankungen jedes Tages, die Differenz zwischen Maximum und Minimum erhält. Will Jemand fünfmal des Tages beobachten, so ist zu rathen, daß er diejenigen vier Zeiten wählt, an denen die Maxima und die Minima erscheinen und

Digitized by Google

dazu noch eine der Tagesmittleren fügt. Diese Zeiten sind in Deutschland, außer den hohen Gebirgsgegenden, 4 Uhr des Morgens (erstes Minimum), 10 Uhr Morgens (erstes Maximum), 12¾ Mittags (Mittlere des ganzen Tages), 4 Uhr Nachmittags (zweites Minimum), um 10 Uhr Abends (zweites Maximum).

Allerdings machen die Jahreszeiten da einen bedeutenden Unterschied, so daß die Zeiten des höchsten Barometerstandes um eine ganze Stunde, die des niedrigsten Standes gar um mehr als zwei Stunden von einander abweichen (das Nachmittagsminimum erscheint z. B. im Winter um 2 Uhr 48 Minuten, im Sommer um 5 Uhr 8 Minuten, das zweite Maximum erscheint im Winter um 9 Uhr 30 Minuten Abends, im Sommer aber um 10 Uhr 54 Minuten), allein es wird doch ein sehr brauchbares Resultat gewonnen werden. Wer nun vollends unterstützt von einem zuverlässigen Gehülfen, noch mehr Beobachtungen täglich machen will, der wird sich hoch verdient machen, wenn er nur auch bei diesen mehreren Beobachtungen die Zeit glücklich wählt, d. h. sie in ziemlich gleichen Intervallen anstellt.

Was man in dieser Hinsicht leisten könne, hat der Verfasser selbst einmal versucht. Es handelte sich um die Frage, ob die Fische schlafen oder nicht. Auf den ersten Blick wird man sagen, diese Frage sei nicht zu beantworten, wer kann den Fischen im Flusse, im Teiche, in der See nachspüren — ein Anderer wird vielleicht voreilig sagen — das versteht sich von selbst, wie soll denn das Thier bestehen ohne Schlaf — es würde ja vor Erschöpfung sterben.

Die Sache ist weder so unanhörbar als der Eine, noch so grade und natürlich als der Andere meint. Die Thiere, welche in der Gefangenschaft leben, verlieren zwar viele ihrer guten oder schlechten Gaben, Angewohnheiten, Triebe, aber ihre Naturbedürfnisse können sie doch nicht ablegen, kein Thier kann das Athmen sich abgewöhnen, kein Thier das Fressen. Ist nun der Schlaf eine Nothwendigkeit, so wird der gefangene Sperling so gut schlafen wie der gefangene Löwe oder Bär, nur der eine länger, der andere kürzere Zeit — der Sperling bei Nacht, die Fledermaus bei Tage.

In Folge dieser Betrachtung verabredete der Verfasser sich mit zweien Freunden zur Beobachtung von Goldfischen in einer großen Muschel, in welcher bei einer Tiefe von 6 Zoll durch eingelegte Gegenstände gewissermaßen Verstecke geboten waren. Die Beobachtung wurde vier volle Wochen ununterbrochen bei Tag und Nacht fortgesetzt, in dieser Zeit war immer einer der drei Verschworenen anwesend. Es war der Juni gewählt als der Monat der kürzesten Nächte, und während der acht Tage des Voll-

Digitized by Google

mondscheines, welcher in das Fenster fiel, waren die Fische nicht durch Lampenlicht belästigt, in den übrigen drei Wochen ließ sich dies allerdings nicht vermeiden. Die Fische wurden nicht beunruhigt, auf keine Weise gestört, nur daß sie sich ununterbrochen im Tages- oder Lampenlichte befanden.

Das Resultat dieser Beobachtungen war: „die Fische schlafen nicht." Während der ganzen Zeit ergab sich nicht die geringste Berechtigung zu einer entgegengesetzten Annahme; sie bewegten die Floße ganz willkürlich, sie hoben sich, senkten sich, spielten mit einander, aber legten sich nicht zwischen die Steinbröckel am Boden der Muschel, sondern waren in einer ununterbrochenen, bewußten Thätigkeit. Ob die Fische nicht möglicherweise ein Halbjahr, Dreivierteljahr wachen können, wie Bären und Murmelthiere, Krokodille und Boaschlangen ein Vierteljahr schlafen — soll nicht gesagt sein, daß sie aber einen Monat unausgesetzt thätig sind und wachen, ist für den Verfasser ganz entschieden.

So können vereinte Kräfte ein Resultat erlangen, welches ein Einzelner zu gewinnen außer Stande ist — so ist es auch mit den Barometerbeobachtungen — zu recht sorgfältigen Leistungen gehören mehrere Leute. Es giebt freilich Barometer, welche das tägliche Maximum und Minimum von selbst angeben — solche Eselsbrücken sind durchaus nicht zu empfehlen, sie lassen nicht Beobachtungen zu, sondern sie geben todte Zahlen — zum Barometer gehört immer ein Thermometer, und es giebt kein Mittel, welches dem Thermometer lehrt in dem Augenblick seinen Stand aufschreiben, wo das Barometer sein Maximum oder sein Minimum hat — und ohne diese gleichzeitige Beobachtung ist der Stand des Barometers nicht zu corrigiren nach der Temperatur.

Graphische Methode.

Die gewöhnlichste und am Allgemeinsten verbreitete Methode Beobachtungen aufzuzeichnen ist die tabellarische. Man läßt sich ein Buch binden, vielleicht in lang gebrochenem Folio, welches man in so viele Rubriken theilt als man Instrumente beobachtet, nebst noch einer für das Datum und einer für besondere Bemerkungen; aber dies giebt einen so furchtbaren Wust von Zahlen, daß es die ganze Energie und Geduld eines eifrigen Meteorologen fordert, da hindurch zu kommen, dies nutzbar zu machen.

Es giebt nun aber eine viel schönere, leichtere und zugleich höchst anschauliche Methode, welche man die graphische nennt, die zeichnende, sie liefert ein eigentliches Bild, eine Ansicht von dem Gange des Barome-

Digitized by Google

ters, Thermometers, Hygrometers, kurz von jedem Instrument, das man beobachtet und zugleich ist sie leichter und bequemer auszuführen.

Ein halber Bogen wird von oben herab, in gleichen Entfernungen von einander mit 32, 31 oder 29 Linien bezogen; jeder halbe Bogen gilt für einen Monat, 32 Linien wird er haben müssen für August, December, 31 für Juni, September, 29 für Februar, nämlich immer eine Linie mehr als der Monat Tage hat, da es nicht die Linien sind, sondern die Zwischenräume, welche die Tage bedeuten. Nun zieht man durch alle diese Linien hindurch vier Hauptlinien, auch in gleichen Entfernungen, jede etwa 3 Zoll von der anderen abstehend, das bedeutet die Zolle des Barometers, zwischen diesen von Viertelzoll zu Viertelzoll zieht man die feineren Linien aus, welche die Unterabtheilungen der Zolle angeben, nämlich Zwölftelzolle, sogenannte Linien. Man macht absichtlich diese Entfernungen größer als sie wirklich sind, weil es zwar ganz leicht ist, eine 12tel Linie zu beobachten, aber sehr schwer, ein solches Zwölftel mit einem Punkte zu markiren; wenn die Entfernung von einem Strich zum anderen drei Mal so groß ist als in natura, so geht dieses eher.

In die Spalten zwischen den 31 — 32 Linien trägt man die Daten jeden Monats 1, 2, 3 u. s. f., auf die Hauptquerlinien schreibt man von oben herab 29, 28, 27, 26, was die Zolle des Barometerstandes angiebt, und in die Zwischenräume zwischen den feinen Linien schreibt man nach jedem Zollstrich von oben nach unten 12, 11 — 2, bis endlich vor dem nächsten Zollstrich abwärts 1 kommt, was dann sagen will, 28 Zoll 1 Linie u. s. w.

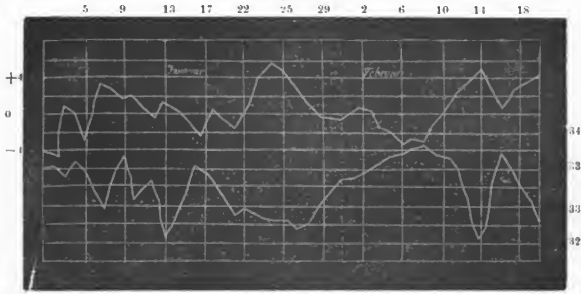
Wenn man nun beobachtet hat, so trägt man von dem Datum, an welchem man die Beobachtung gemacht hat, wir wollen sagen am 1. Juni, diese ein. Das mit einem Gitter versehene Papier hat dieses Datum in seiner ersten Spalte. Der Barometerstand ist am Morgen 27 Zoll 3 und $^{3}/_{10}$ Linien, so setzt man einen Punkt über den 27 Zollstrich, in die Mitte des vierten Zwischenraumes, aber ganz vorne, damit man in demselben Raum (in derselben Spalte für das Datum) noch ferneren Raum zu dreien Punkten hat. Um zehn Uhr macht man noch eine Beobachtung, das Barometer ist gestiegen, sein Stand beträgt 27 Zoll, 3,9 Linien (3 und $^{9}/_{10}$), so setzt man den Punkt in dieselbe erste Spalte, auch in den vierten Zwischenraum über 27, aber sehr hoch, nahe unter dem nächsten Theilstrich, welcher den vierten Zwischenraum von dem fünften scheidet. Bei einer dritten Beobachtung, etwa um 2 Uhr Nachmittags, wird man das Barometer wieder gesunken, Abends um zehn wieder gestiegen finden. Am folgenden Morgen beginnt nun die Arbeit wieder von Neuem, für jede Beob-

Digitized by Google

achtung macht man an der entſprechenden Stelle einen Punkt, man wird deren für jeden Tag ſo viele erhalten, als man Beobachtungen macht, und dieſe Punkte verbindet man durch eine auf- und abgehende Linie, ſo erhält man ein anſchauliches Bild von dem täglichen Gange des Barometers, und wenn man dies einen Monat fortſetzt, erhält man ein Bild von dem Laufe des Barometers während eines Monats.

Ebenſo kann man mit dem Thermometer verfahren, nur wird man nicht Zolle und Linien, ſondern Grade und halbe oder viertel Grade auftragen, das Gitter alſo darnach einrichten. Die Fig. 530, aus Pouillet Müller's ſchönem Werke entlehnt, giebt beides für die Monate Januar

Fig. 530.



und Februar des Jahres 1837 zu Frankfurt a. M. Der untere Theil der Tafel zeigt rechts die Zahlen 329 bis 341, dies ſind die Linien des Barometers mit Hinweglaſſung der Zolle — es differirt etwas; die Zolle dazwiſchen geben bequem überſichtlich machende Abtheilungen — die Zahlen hier heißen 27 Zoll 5 Linien, 27 Zoll 9 Linien, 28 Zoll 1 Linie, 28 Zoll 5 Linien. Das Bild, welches die weiße zackige Linie uns giebt, ſpricht deutlich aus, wie das Barometer vom 1. bis 5. Januar nur eine geringe Schwankung machte, zwiſchen den 5. und 9. gewaltig fiel und eben ſo ſchnell ſtieg, bis zum 13. beinahe einen Zoll fiel, bis zum 16. eben ſo hoch ſtieg u. ſ. f., der erſte Anblick ſchon gewährt etwas ganz Faßliches, Anſprechendes.

Eben ſo iſt es mit der oberen Hälfte der kleinen Tafel, wo die Daten dieſelben geblieben ſind, die Querlinien aber ſtatt der Zolle Grade bedeuten, man ſieht links an dem kleinen Täfelchen in der Mitte 0°, oben + 4, unten — 4, jeder Strich bedeutet alſo einen Zwiſchenraum von 2 Graden. Natürlich iſt dies hier geſchehen, um die Aufnahme des Täfelchens in den Text zu ermöglichen, eine wirklich aus der Beobachtung hervorgegangene

Digitized by Google

Zeichnung würde viermal die Größe dieses aufgeschlagenen Buches einnehmen, und man würde darauf nicht die Daten von 4 zu 4 Tagen und die Grade von 2 zu 2 aufgetragen haben, sondern wie oben beschrieben, und die Grade noch in Viertel, vielleicht noch feiner getheilt haben; um einen Begriff von der Sache zu geben genügt aber dieses, und es zeigt sich die Anwendbarkeit dieser graphischen Methode hier sehr deutlich.

Merkwürdig ist etwas, das dieses kleine Täfelchen ausspricht und was beinahe überall vorkommt, nämlich ein eigener Gegensatz in dem Gange des Thermometers und des Barometers nach verschiedenen Richtungen, wenn das Barometer fällt, steigt das Thermometer, und wenn das Thermometer fällt, steigt das Barometer. Doch spricht sich dieses Verhältniß im Winter viel auffallender aus als im Sommer, weil der Nord- und Ostwind, welcher Kälte bringt, auch heitren Himmel bringt, daher die Sonne in ihrer vollen Kraft den Boden bescheinen kann und so den Einfluß der kalten Winde mindert, indessen die Süd- und Westwinde, welche zwar ihre Wärme abgeben, doch zugleich Wolken heraufführen, die den Himmel bedecken, der Sonne die Wirkung auf den Erdkörper verwehren und so auch hier eine Ausgleichung herbeiführen, was natürlich im Winter nicht stattfindet, wo die Südwinde positiv Wärme, die Nordwinde Kälte bringen, die Bedeckung des Himmels eben, welche mit den Süd- und Westwinden verbunden ist, die Wärme zusammenhält wie eine gute Decke, der klare Himmel aber, welcher im Gefolge der Nord- und Ostwinde ist, die Ausstrahlung befördert, die nicht durch eine kräftige Insolation gehoben wird und in deren Gefolge eine bedeutende Abkühlung ist, die zu der Abkühlung durch die kalten Winde addirt einen bedeutenden Ausschlag giebt.

Da wir hier den Liebhaber der Meteorologie im Auge haben, wollen wir ihm noch Einiges sagen über die Mittel die Feuchtigkeit der Luft zu erforschen, wovon und von der Temperatur und Windrichtung die ganze Meteorologie gewissermaßen lebt.

Alles auf der Erdoberfläche dünstet aus, das Eisen nicht mehr ausgenommen von dieser Regel als das Eis. Nicht blos Flüssigkeiten, sondern auch feste Körper dünsten aus, und etwas von einem jeden schwebt in der Atmosphäre. Berücksichtigt aber wird für die Meteorologie nur der Wasserdampf, weil er das wichtigste Agens ist, weil er Regen Schnee, Hagel und Thau bringt, weil seine Verminderung heitres Wetter, seine Abwesenheit verzehrende, vernichtende Dürre im Hintergrunde hat.

Den Stand der Feuchtigkeit also beurtheilen zu können, ist von Wichtigkeit, und um dies zu können, muß man Meßinstrumente haben, und man bedient sich solcher Körper, die die Feuchtigkeit gern und leicht aufnehmen,

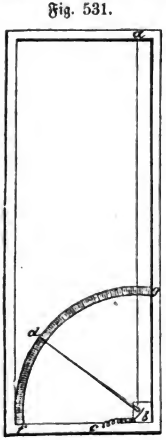
Digitized by Google

um an ihrem Verhalten zu beurtheilen, wieviel Feuchtigkeit wohl in der Luft vorhanden sein möge.

Solche Körper nennt man hygroskopische Substanzen. Salzsaurer Kalk ist eine solche, Pottasche, Schwefelsäure. Wägt man davon in vollkommen trockenem Zustande oder von Schwefelsäure im wasserfreien Zustande eine Quantität ab, und setzt man sie der Luft aus, so sieht man bald die Schaale mit der abgewogenen Substanz sinken, der salzsaure Kalk wird feucht, die Pottasche wird naß und zerfließt, das mit Schwefelsäure halb gefüllte Gefäß füllt sich ganz und läuft über.

Wären diese Experimente nicht unbequem, zum Theil gefährlich, so würden sie gewiß gewählt worden sein, um als Meßvorrichtungen für den Grad von Feuchtigkeit zu dienen, welchen die Luft enthält, doch will man lieber eine Beobachtung machen als ein Experiment, und deßhalb hat man nach anderen Substanzen gesucht und sie im Fischbein und im Menschenhaar gefunden. Die Haare blonder Damen sind so sehr hygroskopisch, daß, wenn sie mit auf's Schönste gekräuselten Locken in die feuchte Luft gehen, oder in einen Gesellschafts-, in einen Ballsaal treten, sehr bald die kurzen Pfropfenzieher in lange, geschlängelte Bänder verwandelt sind — ein solcher Lockenkopf ist ein herrliches Hygrometer, da man aber nicht jedem Physiker zumuthen kann, eine blonde Dame zur Gattin zu wählen, und wenn es geschähe, dieses Hygrometer sich häufig sehr widerspenstig zeigen und nicht überall würde hingehen wollen, wo Feuchtigkeit zu messen ist, und da endlich, wenn auch dies geschehe, solch ein Hygrometer das theuerste Instrument werden würde, was je die Physik in ihren Gebrauch genommen, so wendet man nicht einen blonden Lockenkopf, sondern ein Haar von demselben als hygroskopische Substanz an. Solche blonde Haare werden eine halbe Stunde mit irgend einem Alkali (Pottasche) gekocht, dann noch zweimal auf kürzere Zeit mit reinem Regenwasser und sind nun zum Gebrauch fertig.

Fig. 531.



Ein Rahmen von Messing, wie ihn die Figur 531 zeigt, hat an einer Ecke *b* eine leicht bewegliche Axe, an welcher ein Zeiger *b d* befindlich, derselbe muß sehr leicht und dünn und so ausgeglichen sein, daß er dem Zuge des Haares leicht folgt. Der Apparat ist ungefähr 1 Fuß lang und 4 Zoll breit, und er hat in der Ecke, in welcher die Axe *b* be-

Digitized by Google

findlich, einen in Grade getheilten Viertelskreis, welcher dieſelbe Axe zum Mittelpunkt hat, ſo daß der Zeiger derſelben mit ſeinem Ende leicht auf dieſem Viertelskreiſe ſpielt.

Um die Axe iſt ein ſolches gereinigtes Haar einige Male geſchlungen, mit einem Ende an einer ſehr ſchwachen Spiralfeder *b c*, mit dem anderen aber oben bei *a* parallel mit einer der langen Seiten befeſtigt.

Das Haar muß geſpannt ſein, ſo daß wenn es ſich verkürzt, der Zeiger gehoben, wenn es ſich verlängert, der Zeiger geſenkt wird. Dieſe Veränderung ſoll die Feuchtigkeit übernehmen, und dieſes meſſen zu können, muß man den Apparat in ganz trockene und in ganz feuchte Luft bringen. Das Erſte geſchieht dadurch, daß man denſelben unter die Glocke einer Luftpumpe bringt, welche ganz trocken iſt, erwärmt, von aller anhängenden Feuchtigkeit befreit, wenn man die Luft auszieht — dann aber durch den geöffneten Hahn wieder Luft langſam eintreten läßt, welche jedoch durch eine Röhre mit ſalzſaurem Kalk gegangen iſt. Die atmoſphäriſche Luft, welche nun unter die Glocke gelangt, iſt durch die hygroſkopiſche Eigenſchaft des Kalkes gänzlich von Feuchtigkeit befreit, in ſo trockener Luft verfliegt die geringe Quantität Feuchtigkeit, welche das Haar enthält, ſehr ſchnell und vermöge dieſer Veränderung ſtellt es den Zeiger auf einen beſtimmten Punkt, welchen man ſich genau bezeichnen muß als den der größten Trockenheit.

Sobald das Haar feucht wird, verkürzt es ſich, verändert alſo, indem es die Axe des Zeigers dreht, die Stellung deſſelben. Im gewöhnlichen Zuſtande der Luft wird man nicht leicht auf den Sättigungsgrad derſelben kommen, ſelbſt unmittelbar im Regen, nur nicht von den Tropfen deſſelben getroffen, iſt es noch zweifelhaft, ob die Beladung mit Feuchtigkeit vollſtändig ſei, um ſich deſſen zu vergewiſſern, widerholt man das erſte Experiment, man ſtellt das Hygrometer unter die Glocke einer Luftpumpe, unter welcher gleichzeitig eine flache Schaale ſteht, auf welcher ein Ballen locker gezupfter, aber mit Waſſer benetzter Baumwolle liegt. Wenn nun die Luft ausgezogen wird, ſo verdunſtet das Waſſer in großer Menge und die Feuchtigkeit erfüllt den ganzen Raum, ſobald aber jetzt wieder Luft zugelaſſen wird, ſchlägt ſich Dunſt an den Wänden der Glocken nieder, und die Luft im Innern der Glocke iſt im höchſten Grade mit Feuchtigkeit beladen; dadurch verkürzt ſich das Haar und der Zeiger wird heraufgerückt. Die Stellung, welche er in dieſem Zuſtande hat, wird als der Punkt der größten Feuchtigkeit genau bemerkt, und was zwiſchen dieſen beiden Stellen auf dem Kreisbogen liegt, wird in 100 gleiche Theile getheilt. Auf 0 und auf 100 ſieht man in der freien Luft das Hygrometer niemals, ein mehr oder minder

Digitized by Google

ist aber durch dieses Instrument sehr wohl zu ermitteln und es hat lange Zeit für das Beste gegolten, bis es Daniell gelang, eine hundert Jahre vor ihm aufgetauchte Idee, die des Niederschlagens der Wasserdämpfe auf kalten Körpern, praktisch anwendbar und vergleichbar zu machen.

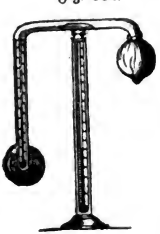
Der französische Arzt Le Roy, am Anfang des vorigen Jahrhunderts lebend, schlug zuerst den einzig vernünftigen Weg ein. Er füllte ein auswendig ganz trockenes, dünnes Glas zur Hälfte mit Wasser, von der Temperatur der Luft und goß ein möglichst kaltes Wasser (solches, in welchem Eis zergangen war) so lange behutsam zu, bis das Glas anfing auswendig sich mit einem leichten Anflug von Feuchtigkeit zu bedecken. Nun wurde die Temperatur der Mischung gemessen und das Experiment sagt, „in der Luft ist in diesem Augenblick so viel Feuchtigkeit vorhanden, daß sie sich bei einer solchen Temperatur niederschlägt."

Hier ist etwas Verständliches gesagt — die Luft hat so und so viel Grad Wärme, bei dieser Temperatur könnte eine so und so große Menge von Feuchtigkeit vorhanden sein, es ist aber so viel weniger Feuchtigkeit darin enthalten, daß die Luft sich noch um so und so viel Grade abkühlen kann, bevor die Feuchtigkeit als Niederschlag bemerkbar wird.

Das Verfahren, schon in der Mitte des vorigen Jahrhunderts in den Memoiren der pariser Akademie niedergelegt, war überall bekannt, aber bis zum Jahre 1820 dauerte es, ehe man sich desselben bediente, um wirklich zu messen. Daniell in England erdachte ein Instrument, welches zweckmäßig gestaltet, die Beobachtung sehr erleichterte, und welches sich indessen unter seinem Namen als Hygrometer überall eingebürgert hat.

Dasselbe besteht, wie die Figur 532 zeigt, aus einer Glasröhre von etwa einem halben Zoll innerem Durchmesser, an deren einem Ende eine Kugel von sehr dünnem Glase angeblasen ist, welche etwas mehr als 1 Zoll im Durchmesser hat. Ein sehr kleines Thermometer von ungefähr 5 Zoll Länge wird mit seiner Skala aus Milchglas so weit in die Röhre geschoben, daß seine kleine mit Quecksilber gefüllte Kugel in der Mitte der dünnen Glaskugel schwebt, in dieser Stellung wird das Thermometer auf irgend eine Weise befestigt, so daß es sich nicht verschiebt.

Fig. 532.



Nunmehr wird 1 Zoll hoch über der Skala des Thermometers die Glasröhre erhitzt und rechtwinklig umgebogen, dasselbe geschieht auch an dem Ende der Röhre, und an dieses, wie die Fig. 532 zeigt, herabhän-

Digitized by Google

gende Ende wird eine zweite Glaskugel angelöthet, welche ſo groß wie die erſte und in eine lange Spitze ausgezogen iſt.

Man füllt nun durch Austreibung der Luft, vermöge einer mäßigen Erwärmung, die erſte Kugel mit Aether, erhitzt denſelben bis zum heftigen Kochen und läßt die Dämpfe durch das feine Rohr ausſtrömen, ſie nehmen die Luft aus dem Inſtrument mit ſich fort, und wenn dies geſchehen, bringt man die Stichflamme eines Löthrohres an die feinausgezogene Röhre und ſchmilzt dieſelbe dicht an der Kugel zu, wodurch ſich ein Knöpfchen bildet, welches die Fig. 532 zeigt. Dieſe Kugel wird mit einem Leinwandſäckchen überzogen, ſie dient zum Abkühlungsapparat für das Ganze, denn — wenn, wie hier zu ſehen, daſſelbe auf einem Stativ ſteht, und man nun auf das Leinwandſäckchen Aether träufelt, ſo verdunſtet dieſer — ſeine Verdunſtung erregt Kälte (entzieht der Umgebung, alſo auch der Glaskugel im Innern Wärme), dadurch wird eine Deſtillation eingeleitet, der Aetherdampf ſchlägt ſich in der Kugel nieder, da indeſſen alles luftleer iſt, erſetzt ſich der niedergeſchlagene Dampf augenblicklich durch anderen, aus derjenigen Kugel, in welcher das Thermometer ſteht, dieſe Verdunſtung aber erzeugt wieder Kälte, und zwar kann man dieſelbe durch Beobachtung des kleinen Thermometers im Innern des Inſtruments nach Graden beſtimmen — der Grad nun, bei welchem die Kugel, in der das Thermometer hängt, mit Thau beſchlägt, heißt der Thaupunkt und iſt der Sättigungspunkt der Luft mit Feuchtigkeit. Der geſuchte iſt derjenige, bei welchem es regnen würde, wenn die Luft mit ihrer gegenwärtigen Feuchtigkeit beladen ſich ſo weit abkühlen würde. Das Inſtrument ſagt alſo etwas *Verſtändliches* und kann ſomit als ein wirklicher Feuchtigkeitsmeſſer angeſehen werden.

Digitized by Google

Technische Anwendung der Wärme und des Lichtes.

Digitized by Google

Gebläse.

Der rohe, der Naturmensch läßt die Naturkräfte walten, ihre Schrecken über sich ergehen und unterliegt ihnen gewöhnlich, der fortgeschrittene Mensch macht dieselben sich dienstbar, das ist der Triumph des menschlichen Geistes, das ist der Triumph unserer Zeit, unserer Wissenschaft, die Naturkräfte zu besiegen, die riesigsten Fortschritte gemacht zu haben, auf dieser Wissenschaft beruht Alles, was wir Technik, Industrie nennen.

Wir können in den wenigen nachfolgenden Blättern, welche dieses Buch uns noch gewährt, keine Technologie geben, allein wir wollen versuchen zu zeigen, wie der Mensch sich der mächtigsten Kraft, der Wärme und derjenigen, welche gar keine Kraft zu sein scheint, des Lichtes bemächtigt und sie sich dienstbar gemacht hat.

Ohne Wärme, ohne Feuer wäre der Mensch das hülfloseste Geschöpf, allein Wärme und Feuer, wie die Natur sie ihm bieten in den Strahlen der Sonne und in dem durch den Blitz entzündeten Baum sind ihm bei Weitem nicht genug, er sucht auf der Erde und unter der Erde nach Stoffen, vermöge deren er die lebhaftesten Grade von Hitze erzeugen könne, er fällt Holz, er gräbt Torf, Braunkohlen und Steinkohlen, er verwandelt sie in Kohlen, in Coaks, sie liefern ihm noch immer nicht genug der geforderten Wärme, er sucht nach Nahrungsmitteln für dieselbe, er findet sie in der atmosphärischen Luft und er macht Gebläse der gewaltigsten und wirksamsten Art, wenn schon der Weg sehr lang war, auf dem er dahin gelangte.

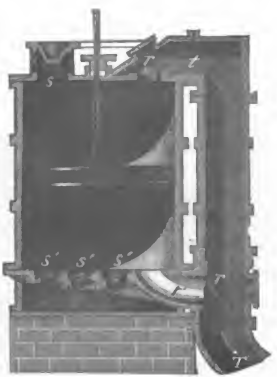
Die Zuführung von Sauerstoff zum brennenden Körper, um seine Temperatur zu erhöhen, mag ursprünglich durch den Blasebalg, den ein Jeder bei sich trägt, durch die Lunge bewirkt worden sein, dann ist man wohl zu Lederschläuchen oder zu der Thierblase geschritten, welche noch jetzt in Indien als Blasebalg dient, dann aber hat man, und zwar

Digitized by Google

ſchon vor Strabo's, des alten Griechen Zeiten, Blaſebälge von Holz und Leder gemacht, ungefähr in der Form, wie ſie jeder unſerer Leſer kennt, ſie bedürfen einer näheren Beſchreibung nicht.

Anders iſt es mit den Cylinder- und den Centrifugalgebläſen, welche jetzt allgemein gebräuchlich ſind.

Fig. 533.



Die beigegebene Fig. 533 veranſchaulicht ein Cylindergebläſe. Der große dunkle Raum der Zeichnung iſt ein metallener, inwendig glatt ausgehobelter Cylinder von Gußeiſen, in welchem ein Stempel ohne gar zu große Reibung und doch möglichſt luftdicht auf und ab geht. Beim Aufſteigen laſſen die Ventile $S'S'S'$ die Luft von außen her in den unteren Theil des Cylinders dringen, indeſſen oben aus der Röhre t die im oberen Theile des Cylinders zuſammengepreßte Luft durch das Ventil r entweicht. Beim Abſteigen des Stempels ſchließen ſich die Ventile S' und die nunmehr unter dem Stempel zuſammengepreßte Luft entweicht durch das Rohr l nach dem Hauptrohr T, wodurch ſie zu dem Feuerraum geführt wird. Während dieſer Zeit wird der obere Theil des Cylinders wieder mit Luft von außen geſpeiſt durch das Ventil S oben links, welches ſich beim Niederſinken des Stempels öffnet.

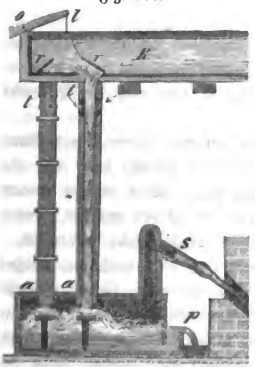
Gewöhnlich hat man zwei ſolcher Cylinder zu einem Gebläſe vereinigt und ſie wirken ununterbrochen abwechſelnd, die Wirkung eines ſolchen Doppelgebläſes iſt ſchon eine ſehr viel beſſere als die der Blaſebälge, weil ihr abwechſelndes Steigen und Fallen und ihre doppelte Wirkung ſowohl vorwärts als rückwärts, bei ſehr viel kleinerem Raum doch ſehr viel mehr Luft ſchafft, allein man hat noch ein anderes, ſehr wirkſames Gebläſe erfunden, welches auf ganz eigenen Principien beruht. Wo man viel Waſſer von ſtarkem Fall hat, bedient man ſich dieſer Gebläſe, der ſogenannten Waſſertrompen, mit großem Vortheil.

K iſt ein hölzernes Gerinne, von allen Seiten geſchloſſen und unter möglichſt ſtarkem Druck und ſtetem Zufluß von Waſſer ſtehend. Aus dieſem

Digitized by Google

Gerinne führen zwei oder mehr luftdichte Röhren *ta* in einen ſtarken, Widerſtand leiſtenden, gleichfalls luftdicht geſchloſſenen Kaſten *aps*, der zur Aufnahme der Gebläſeluft dienen ſoll. Die Fig. 534 zeigt ſeine Form, *S* iſt der Ausgangspunkt für den Wind, *p* derjenige für das Waſſer.

Fig. 534.



Ueber den hölzernen Röhren ſind Klappen angebracht, welche dieſelben ſo lange geſchloſſen halten, bis man ſie durch den Hebel *ol* öffnet. Sobald dies geſchieht, ſtürzt das Waſſer mit Macht in die Röhren und durch dieſe hinunter in den Windkaſten, wo es auf dem untergeſetzten Tiſche (Trempel) zerſchellt, zerſtiebt und dabei nicht wenig Luft entwickelt, welche bei *S* entweichen kann. Dies würde nun freilich kein Gebläſe bilden, aber ganz leicht iſt ein ſehr mächtiges Gebläſe herzuſtellen durch Benutzung der Vena contracta. Beim Falle durch eine Oeffnung zieht ſich der Waſſerſtrahl zuſammen, da, wo dies geſchieht, bei *t*, bohrt man eine Menge trichterförmiger, ſchräger Löcher in die Röhre, durch welche Luft zuſtrömt und von dem Waſſerſtrahle fortgeriſſen wird, dieſe Luft trennt ſich auf dem Trempel von dem Waſſer und es füllt, wenn die Röhren *ta* lang ſind, den Kaſten mit Luft von ſolcher Spannung, daß durch *S* ein hinlänglich ſtarker Strom entweicht, um große Feuer zu nähren. In Spanien und in Corſica ſind faſt allein dieſe Gebläſe üblich.

Iſt die Luft, welche zwei Blaſebälge geben, auch genug, um einen Treibheerd mit glühendem Blei zu ſpeiſen, ſo daß der Luftſtrahl, der auf die wallende Metalloberfläche trifft, dieſelbe ſtets von Neuem oxydirt und zwei Männer mit langen, eiſernen Krücken immerfort zu thun haben, das ſich bildende Oxyd, die Bleiglätte (welche man auch wohl Silberglätte nennt) und die bei einer noch ſtärkeren Oxydation in Mennige übergeht, von der Metallfläche hinwegzunehmen und dieſe ſtets von Neuem der Verbrennung auszuſetzen, bis aus dem geſchmolzenen Bleiganz lauter Glätte geworden iſt und nur der geringe Antheil von Silber, welcher darin vererzt, noch übrig bleibt, was in dem zutretenden Sauerſtoff glühend, jene wunderherrliche, farbenglänzende Erſcheinung giebt, welche man den Silberblick nennt, ſo genügt eine ſolche Quantität von Luft, wie ſie hier beſchafft werden kann,

Digitized by Google

schon nicht mehr zu einem großen Eisenhammer, noch weniger zu einem Hochofen und man mußte zur Vermehrung der Blasebälge bis auf 15 und 20 schreiten, um den gewünschten Erfolg zu haben.

Der Ventilator.

Ein Cylindergebläse mit zwei doppelt wirkenden Cylindern ersetzt wenigstens 8 Blasebälge von größter Ausdehnung, vergleicht man aber die Wirkung eines solchen mit einem Ventilator, so setzt doch die Thätigkeit dieses Letzteren wirklich in Erstaunen.

Einem Jeden, der einmal einen Freund auf dem Lande, einen Gutsbesitzer besucht hat, wird die sogenannte Windfege bekannt sein, das Instrument, mit welchem das Getreide gereinigt wird, indem ein im Innern der großen hölzernen Trommel erzeugter Wind die Spreu entführt, sondert von dem schweren Getreide, das ganz nahe an der Maschine niederfällt.

Das Prinzip, worauf diese Windfege beruht, ist auch dasjenige, welches in dem Centrifugalgebläse zur Anwendung gebracht wird, durch die Oeffnungen an der Achse steht das Innere des Gebläses mit der Atmosphäre in Verbindung. Die Luft ist ein Körper, welcher bewegt werden kann. Die Schaufeln im Innern des Cylinders drängen die zwischen ihnen befindliche Luft nach dem äußern Rande der Trommel, an welchem eine Oeffnung ein Entweichen gestattet, die hier hinausgetriebene Luft muß ersetzt werden, am Besten geschieht dies aus derjenigen Gegend, welche den schwingenden Flügeln am fernsten ist, d. h. aus der Gegend der Axe, woselbst die Bewegung eine geringe ist im Vergleich mit der Bewegung der Flügelenden. Durch die Oeffnungen an der Achse also strömt die Luft mit Macht ein und wird durch die kreisenden Flügel immer mit fortgerissen, wodurch an der Achse stets ein luftverdünnter Raum erhalten wird, welcher immerfort neuen Zutritt der äußern atmosphärischen Luft fordert.

Das ist es, was man will und was man braucht, es kommt nur darauf an, der eingesogenen Luft einen hinlänglich starken Druck zu geben, so daß sie aus der Oeffnung an der Peripherie mit Heftigkeit entweicht, und dies geschieht durch die *schnelle* Umdrehung. Wie groß diese sein muß, hat erst nach und nach die Erfahrung gelehrt. Würde man eine Windfege an ihrem Umfange nicht öffnen, und dann die Flügel in Bewegung setzen, so würde dies gar keine weiteren Folgen haben, die eingeschlossene Luft würde mit den Flügeln umhergeführt, und es würde durch die Oeffnungen an der Axe keine neue eingesogen werden.

Wollte man dieses Experiment mit einem *Borsig*'schen Ventilator

Digitized by Google

von 7 Fuß Durchmesser machen, wollte man, wenn derselbe in voller Thätigkeit ist, plötzlich alle Windhähne schließen, so würde derselbe durch den ungeheuren Druck der gegen seine Wandung gepreßten Luft in tausend Stücke zersprengt werden, wie durch eine Pulverexplosion; es sind ähnliche Fälle vorgekommen, sogar ohne daß man die Hähne geschlossen hatte, blos weil die Wandungen des Kastens, in welchem die Windflügel laufen, nicht stark genug waren, um dem Luftdruck Widerstand zu leisten.

Man hat gesagt, wo ein mäßiger Windstrom genüge, da sei der Ventilator angewandt, wo man bedeutendere Kräfte bedürfe, reiche das Centrifugalgebläse nicht aus. Das Urtheil stammt wohl noch aus der Zeit, in welcher man die Maschine sehr unvollkommen machte, ihr 100—150 Umdrehungen in der Minute gab, jetzt hat man Ventilatoren, welche bei 7 Fuß Durchmesser 1200 Umdrehungen in der Minute machen, d. h. deren Flügelenden beinahe 28,000 Fuß oder 1¼ Meilen in der gegebenen Zeit zurücklegen. Mögen unsere lieben Leser sich dies einmal recht klar zu machen suchen, es ist beinahe die Geschwindigkeit einer Kanonenkugel, und diese durch mechanische Gewalt zu erzielen ist nichts Kleines.

Ein Gebläse von dieser Art befindet sich jetzt beinahe in jeder großen Maschinenbauanstalt, bei Borsig, Egells, Pflug, Wöhlert speist ein solches Centrifugalgebläse durch unterirdische Röhrenleitungen 60 bis 70 Schmiede- und Schmelz-Feuer, wovon die letzten 500 Schritte weit vom Ventilator entfernt sind. Es ist mithin, wie man an solchen aus der Praxis genommenen Beispielen sieht, die Pressung, welche die Luft durch die Flügel des Ventilators erleidet, groß genug auch zu den stärksten Leistungen, welche man irgend verlangen kann. Ob es übrigens nicht gefährlich wäre, den Ventilator über das gegebene Maaß hinaus zu vergrößern, ob es nicht zweckmäßiger wäre, statt eines Ventilators von 10 Fuß Durchmesser und 2 Fuß Breite, 2 Ventilatoren von 7 Fuß und 1 Fuß anzuwenden, dürfte wohl gefragt werden. Mit der Größe wächst der Druck von Innen nach Außen sehr bedeutend und nimmt die Widerstandsfähigkeit des Windkastens immer mehr ab. Wenn eine Schweinsblase über einen Rahmen von einem Quadratzoll gespannt einen Druck von 15 Pfund aushält, so würde man sehr irren, wenn man glaubte, dieselbe Blase über einen Rahmen von zehn Quadratzoll gezogen würde nun einen Druck von 150 Pfund aushalten, wiewohl doch auch nicht mehr als 15 Pfund auf jeden Quadratzoll kommen. Es ist gerade wie bei den Kesseln der Dampfmaschinen. Je größer der Dampfkessel ist, desto größer muß nothwendigerweise die Dicke seiner Wandung sein bei gleichbleibendem Druck. Darum zieht man die Hochdruckmaschinen vor, weil sie nur kleine Kessel brauchen und bei diesen die Wan-

Digitized by Google

dung leicht so stark gemacht werden kann, daß sie den Druck von 10 Atmosphären von Innen nach Außen sehr wohl ertragen, indeß bei Niederdruckmaschinen, welche einen zwanzigmal größern Kessel erfordern, die Wandung kaum stark genug gemacht werden kann, um einem Druck von $1\frac{1}{2}$ Atmosphären von Innen nach Außen zu widerstehen.

Zweck der Gebläse.

Der Zweck dieser Gebläse ist, dem Brennstoff die nöthige Menge des für die Verbrennung unentbehrlichen Sauerstoffes zuzuführen, wie wir bereits verschiedentlich angedeutet haben, allein er führt noch etwas anderes mit sich, nämlich seinen Nachbarn, den Stickstoff in viermal größerer Menge und daraus entsteht eine Erkältung, welche der Erhitzung durch den Sauerstoff großen Abbruch thut.

Die Erkältung ist viel größer als man glaubt, das Ausblasen des Lichtes ist weiter nichts als ein Entführen der Wärme, welche zur Zersetzung des Fettes nöthig ist. Es wird an die Stelle der heißen Dämpfe und der Flamme, der Lufthauch des Mundes gesetzt, und hierdurch wird das Weiterbrennen verhindert.

Wie umgekehrt der Sauerstoff wirkt, davon kann man sich nicht blos dadurch überzeugen, daß man ein ausgeblasenes Licht mit noch glimmendem Docht in Sauerstoffgas bringt, wodurch es sofort entzündet wird, sondern schon dadurch, daß man auf den recht langen, ganz glimmenden Docht mit dem Munde einen scharfen Strahl von Luft bläst; der geringe Antheil Sauerstoff, welcher in der Lunge vorhanden ist, noch verringert dadurch, daß die Lunge einen Theil desselben absorbirt und für das Blut anwendet, ist genug um das Licht wieder anzuzünden, ein Spaß, den wohl Jeder wenigstens in seiner Jugend oft genug gemacht hat.

Gebläse mit warmer Luft.

Jenen Uebelstand mit der Abkühlung zu beseitigen, bleibt, da Sauerstoff allein anzuwenden viel zu kostbar ist, nur ein Mittel übrig, die Gebläseluft zu erwärmen und dies geschieht sehr häufig, und wenn es geschieht, mit großer Ersparniß an Brennmaterial und an Metall, wovon durch erhitzte Gebläseluft bei Weitem nicht so viel verbrannt, oxydirt wird, als durch kalte. Die Mittel dazu sind höchst einfach. Ueber dem Feuer, welches gebraucht werden soll und in dem Strom derjenigen entweichenden heißen und rauchhaltigen Luft, welche auf sonstige Weise nicht benutzt wird (wie

Digitized by Google

z. B. einen Fuß hoch über dem Feuerheerd und Feuerraum des Schmiedes) bringt man einen luftdichten Metallkasten an, den die entweichende Hitze trifft; statt des Kastens von Eisenblech, kann man auch ein Schlangenrohr, ein spiralförmig gewundenes Rohr, am besten von Kupfer anwenden.

Die Luft des Blasebalges wird nun so geleitet, daß sie, bevor sie aus der Düse in das Feuer strömt, diesen erhitzten Kasten oder dieses Spiralrohr durchströmt, dabei erwärmt sie sich, besonders wenn das Kupferrohr lang ist, bedeutend und es wird eine große Ersparniß bezweckt. Die Schmiede und Schlosser wollen gewöhnlich nicht recht an eine solche Neuerung, haben sie dieselbe jedoch einmal eingeführt, so pflegen sie auch nicht mehr von ihr abzustehen, denn sie erweist sich als wirklich vortheilhaft, und zwar außer der obigen noch in einer anderen Hinsicht, nämlich in der auf Zeitersparniß, die Metallmassen, welche man unter Zutritt warmer Luft behandelt, glühen und schmelzen in weit kürzerer Zeit als die mit kalter Luft behandelten.

Zug. Lampen mit Zug.

Häufig bedarf man aber nicht der eigentlichen Gebläseeinrichtungen und es wird das Verlangte, d. h. Zuführung des Sauerstoffes erreicht durch Zug. Dieser beruht auf der verschiedenen Schwere kalter und erwärmter Luft. Unsere Lampen und unsere Oefen haben sämmtlich eine Anlage, welche auf Hervorbringung dieses Zuges beruht.

Hält man über eine gewöhnliche Lichtflamme eine lange Glasröhre so weit, daß die Wände nicht von dem brennenden Gase erreicht werden, so wird man alsbald bemerken, daß die Flamme gestreckt, geregelt wird, nicht mehr flackert und viel heller brennt als bisher. Das Licht erwärmt die Luft in der Röhre, diese, leichter als kalte Luft, steigt in der Röhre empor und entweicht oben aus der Oeffnung, dadurch entsteht ein luftverdünnter Raum, welchen zu erfüllen die umgebende Luft sich beeilt, sie tritt von unten in die Röhre ein, umkreist die Flamme, diese entzieht ihr den Sauerstoff, und der übrig gebliebene Stickstoff, zwischen der Flamme und den unterdeß auch warm gewordenen Glaswänden selbst stark erhitzt, entweicht um so rascher, je stärker seine Erwärmung hat werden können und macht abermals frischer Luft Platz.

So drängt sich immer von neuem Luft zu der Flamme, und da der Zug ein ganz regelmäßiger ist, so wird die Flamme in die Röhre hineingezogen, und vollkommen ruhig brennen.

Da es aber von Wichtigkeit ist, daß Sauerstoff möglichst viel Zutritt

Digitized by Google

zu der Flamme habe, so machte Alströmer aus Alingsas in Westgothland den Docht bandartig flach, welches gegen die früheren cylindrischen Dochte schon ein bedeutender Fortschritt war, noch besser machte dies aber Argand, ein Schweizer, 1755 zu Genf geboren, ein sehr tüchtiger Physiker, welcher es verstand seine Wissenschaft im praktischen Leben nützlich anzuwenden. Er kehrte zu dem cylindrischen Dochte wieder zurück, machte ihn aber hohl. Hierdurch veranlaßte er ein Zuströmen der atmosphärischen Luft, sowohl außen um die Flamme herum als innen durch dieselbe hindurch, und dieses sind unsere höchst vollkommenen, nach dem Erfinder benannten, Argand'schen Lampen, deren Construction man beinahe auf alle Brennstoffe anwenden kann, denn es giebt Wachslichte mit hohlem Dochte, wie es Gaslampen giebt, welche Argand'sche Brenner haben, der eine Stoff muß erst geschmolzen, flüssig gemacht werden, wie das Oel es schon ist, der andere Stoff ist nicht nur flüssig, er hat sogar schon die nöthige Gasform, bildet mithin das andere Extrem, und auf beide wie auf alle zwischenliegende Röhren paßt die Argand'sche Einrichtung, es wird dadurch ein so helles Licht erzeugt, daß man die Lampen mit Recht Astral-, d. h. Sternlampen nennt, man muß sie wegen des zu starken Blendens der bloßen Flamme mit einem Schirm von Milchglas bedecken.

Oefen.

Was hier der Erzeugung lebhafteren Lichtes wegen geschieht, das wird bei den Oefen der Wärme wegen gethan, die bei den Lampen so sehr überflüssig und unbequem ist, daß man es eine große Verbesserung nennen müßte, wenn es gelingen sollte, das Licht der Lampe zu erhalten und die Wärme zu unterdrücken.

Grade umgekehrt ist es mit den Oefen, bei welchen man die Wärme-Entwickelung und die Verwendung derselben nach Außen (bei Stubenöfen) oder nach Innen (bei Schmelz- oder Glühöfen) begünstigt wissen will und bei welchen es auf die Lichterzeugung gar nicht ankommt.

Auch hier hat die neuere Technik das Unglaubliche gethan, sie hat Licht und Wärme großentheils geschieden, sie hat die Steinkohle in Coaks verwandelt, ihnen die Leuchtkraft in Gestalt von Gas entzogen und ihnen die Heizkraft belassen, nur leider sind die Gasbeleuchtungsanstalten alle früher dagewesen als die Eisenbahnen, sonst würde man wohl nirgends den Steinkohlendampf in die Atmosphäre entweichen und zu großen Beschwerden der Bewohner und zum Nachtheil für das vegetabilische Leben sich in der Um-

Digitized by Google

gegend der Coaksöfen verbreiten lassen, sondern diese Gase als Leuchtstoffe oder als Theer, bituminöses oder ätherisches Oel verwerthen.

Bevor wir jedoch so zusammengesetzte Apparate wie die einer Gasbeleuchtungsanstalt betrachten, wollen wir uns die einfachern, uns näher liegenden, unsere Stubenöfen ansehen, welche leider durch die Unbeweglichkeit unserer Handwerker noch sehr im Argen liegen.

Der Töpfer macht am liebsten einen großen, hohlen Kasten, in welchem Rauch und Feuer nach Belieben spielen können, und in welchem außer dem Feuer- und oben dem Rauchbehälter nichts weiter als etwa eine Bratenröhre zu sehen ist, in welcher man einen Teller mit Suppe wärmen, höchstens einen Apfel braten kann. Es ist dies die unsinnigste Holzverschwendung, die man sich denken kann, und diese Art Oefen von Eisen oder von Thon sind gerade in den Gegenden am häufigsten, woselbst das Holz am theuersten ist. In Würtemberg, in Baiern, in Baden, ja selbst in Oestreich findet man, außer etwa in vornehmen Häusern, welche von Norddeutschland dahin übersiedelt worden, nur solche ungeschickte Heizapparate. Eisen ist demnächst zu allen Oefen, auch wenn sie viel zweckmäßiger eingerichtet sind, das schlechteste Material, weil es die Wärme gar nicht zusammenhält, sondern sofort abgiebt, man muß deshalb, wenn das Zimmer warm sein soll, unausgesetzt den ganzen Tag heizen, und wenn es auch nur wenig ist, was jederzeit im Ofen liegt, so beträgt die Summe des verbrannten Materials doch doppelt so viel als wenn man einen guten Ofen zweimal ordentlich heizt.

Zugöfen.

Der Zug des Ofens wird durch den Rauchfang vermittelt, je enger derselbe (natürlich bis zu einer gewissen Grenze, welche dem Durchschnitt der Züge entspricht) und je höher er ist, desto lebhafter ist der Zug, da auch hier derselbe auf dem Unterschiede des Gewichtes beruht, der zwischen den Luftmassen, im Innern des Rauchfanges und außerhalb desselben, vermöge der verschiedenen Temperatur stattfindet, so muß man möglichst darauf sehen, den Luftwechsel zu der Zeit, in welcher nicht geheizt wird, zu verhindern.

Bei Stubenöfen vernachlässigt man diese Vorsicht gewöhnlich, daher kommt es, daß bei ungünstiger Lage sie häufig rauchen, d. h. nicht Zug haben, der Rauch also nicht durch den Schornstein abzieht, sondern in das Zimmer zurücktritt; bei Rauchfängen für Dampfmaschinen sorgt man stets dafür, daß während die Maschine nicht im Gange ist, der Rauchfang *oben*

Digitized by Google

durch eine Klappe geschlossen werde, welche den Austritt der warmen und den Eintritt der kalten Luft hindert. Sobald nun unter dem Kessel gefeuert werden soll, wird die Klappe geöffnet, alsbald entsteht ein Zug, selbst ohne daß im Ofen Feuer ist, lediglich dadurch, daß die eingeschlossen gewesene, warme Luft aufsteigt und dieses bewirkt eine sofortige lebhafte Thätigkeit des Ofens.

Es gestattet der Umfang dieses Buches, welches keine Technologie werden darf, dem Verfasser nicht, die sämmtlichen Oefen und deren Einrichtungen detaillirt zu beschreiben, doch das Prinzip, auf welchem die Heizung überhaupt beruht, gehört in ein Lehrbuch der Physik und muß deßhalb hier Platz finden.

Bei dem Erwärmen eines gegebenen Raumes kommt es darauf an, demselben so schnell wie möglich, und so anhaltend wie möglich Wärme zuzuführen und je nachdem dieser Raum in Bezug auf den Ofen ein innerer oder ein äußerer ist, wird der Ofen gebaut werden müssen. Im ersten Falle ist die Construction höchst einfach, ein Raum gerade groß genug, um das Brennmaterial und das Erz oder das Metall oder das Töpfergeschirr, die Ziegel ꝛc. aufzunehmen, wird von einem möglichst schlechten Wärmeleiter, meistens von gebranntem Thon in derjenigen Form aufgebaut, welche man zu dem jedesmaligen Zwecke für die beste, vortheilhafteste hält, so entstehen Schmelzöfen, Hochöfen, Porzellanöfen, Ziegelöfen u. s. w.

Von größerem Interesse werden uns aber die Stubenöfen sein. Bei diesen ist im Innern nur der Feuerraum, nicht auch derjenige, auf welchen die Wärme, die im Ofen erregt worden ist, wirken soll. Dies ist der Raum, in welchem der Ofen steht. Das Material des Ofens richtet sich nun nach der vorausgesetzten Dauer der Heizung und nach der Höhe des Raumes. Das Material ist entweder ein guter Wärmeleiter, ein Metall, gewöhnlich Eisen, oder ein schlechter, gewöhnlich Thon.

Eiserne Oefen.

Hat man einen Concertsaal, Ballsaal, ein Theater zu erheizen, wo für die erst eintretenden Gäste eine angenehme Temperatur geschaffen werden soll, welche jedoch nicht lange anzuhalten braucht, da die Lichter, die Gasflammen und die zuströmenden Besucher nach und nach eine Hitze entwickeln, welche ihnen selbst nicht gerade angenehm ist, so muß man zum Material des Ofens jedenfalls Eisen (Blech oder Guß) nehmen, denn mit einem Ofen von guten und stark gefüllten Kacheln erhitzt man keinen Saal von 80 Fuß Länge und 40 Fuß Höhe, der langsam abgebende Ofen kann das

Digitized by Google

nicht ersetzen, was die Wände an Wärme aufnehmen, was der Zug entführt, was eindringende kalte Luft vernichtet, der thönerne Ofen giebt noch 12 bis 18 Stunden nach dem Heizen Wärme her, zu einer Zeit wo man ihrer gar nicht mehr bedarf, er giebt 6 Stunden, 4 Stunden nach dem Heizen Wärme ab, zu einer Zeit wo sie lästig ist. In solchem Saal sind eiserne Oefen höchst zweckmäßig. Wenn sie gut gebaut sind und ihre Zahl so wie ihre Größe dem Raume entsprechend ist, so muß nach einer Feuerung von 1 Stunde überall eine wohlthuende Wärme verbreitet sein. Das Heizmaterial kommt hier auch in Betracht, für eine schnelle Heizung ist Tannen- oder Föhrenholz das beste, Torf und Steinkohlen sind zweckwidrig.

Haben wir dagegen mit einem Wohnzimmer zu thun, so kommt es auf nachhaltige Wärme an und diese kann mit einem Metallofen nur dadurch erzielt werden, daß man fortwährend heizt, daß in der Zeit, in welcher man das Zimmer warm haben will, das Feuer nicht ausgeht. Diese zeitraubende und verschwenderische Heizmethode wendet man, wie bereits bemerkt, nur in Ländern an, in denen das Holz theuer ist, wo man dasselbe zu einem mäßigen Preise hat, baut man thönerne Oefen, wie in Norddeutschland, Rußland, Schweden.

Der Fuß des Ofens, ein breites, festes Gemäuer aus Ziegeln, mit Lehm verbunden, liegt gewöhnlich 12 bis 16 Zoll über dem Stubenboden. Auf diesem erhebt sich der eigentliche Ofen in mehr oder minder eleganter Form, von Thonkacheln (die man in Süddeutschland sonderbarer Weise Porzellan, so wie das ganze Ding, unzweckmäßig und klein, einen „Porzellanofen" nennt), die weiß oder farbig glasirt oder nicht glasirt sind, oder derselbe wird auch von lauter Ziegelsteinen gebaut.

Diese Einrichtung ist allen Oefen gemein, die Züge aber, welche in dem Innern verborgen, machen einen wesentlichen Unterschied, indem dieselben entweder horizontal oder auf- und absteigend verlaufen. Die erste Art ist die gewöhnliche und diejenige, von der die Töpfer sich nur sehr schwer abbringen lassen.

Nachdem über dem Fuß der Feuerraum meistens in unzweckmäßiger Höhe angelegt worden, dessen Decke dazu dient, einen nach dem Zimmer zu offenen Raum (die sogenannte Röhre) zu heizen, geht der Canal, welcher die Brennstoffe fortführt, in jeder neuen Lage von Kacheln, welche über dieser Röhre steht, einmal horizontal um den ganzen Ofen, steigt dann in einer Ecke um eine Kachelhöhe aufwärts und geht nun wieder rundum, bis der steigende Canal der untern Schicht auch die zweite Schicht zu einer gleichen Steigung nöthigt, was sich dann gewöhnlich drei- bis viermal fortsetzt und damit endigt, daß die letzte Steigung, statt in eine noch höhere

Digitized by Google

Schicht zu führen, mittelſt eines Blechrohrs durch die Zimmerwand in den Rauchfang ausläuft.

Wir fügen dieſer Anordnung keine Zeichnung bei, weil dieſelbe äußerſt ſchwer verſtändlich iſt, dagegen die nachfolgende deſto leichter faßlich, wieder beinahe keiner Beſchreibung bedarf, außer um etwa von dem Material und der Aufſtellung zu ſprechen.

Das Material iſt gewöhnlich Eiſen, in Sachſen aber macht man in der Regel nur den unterſten Kaſten, in welchem das Holz brennt, von Eiſen, alles übrige — nicht blos vier Aufſätze, wie hier, ſondern ſechs bis acht, wird aus Töpfergeſchirr gefertigt. Es wäre beſſer, man machte gerade den unterſten Kaſten, den Feuerraum, aus Thon, 3 Zoll dick und das Uebrige aus Metall, man würde den Vortheil haben, daß die dicke Maſſe nachhaltig Wärme ausſtrahlte, indeſſen der obere Theil des Ofens von Metall die Wärme vom Augenblick des Heizens an ſpendete.

Man ſieht, daß hier ein ſtetes Hin- und Herführen der erhitzten Gaſe und des Rauches ſtattfindet, in der Art, wie die Pfeile angeben. Die Eiſen- oder Thonkaſten, welche die verſchiedenen Etagen bilden, können natürlich nicht frei in der Luft ſchweben, ſie ſind an ihren Enden bei *n n* entweder durch Füße geſtützt oder ſie erſcheinen ſo verziert wie die Theile, welche einen oberen Kaſten mit einem unteren verbinden, wodurch der Ofen ein ganz ſymmetriſches Anſehn bekommt. Die großen viereckigen Oeffnungen *o o o*, welche zwiſchen je zweien Stockwerken leer bleiben, ſind jeder wirthlichen Frau angenehme Zugaben, man kann manche Schüſſel darin warm ſtellen.

Fig. 535.

Aus dem oberſten Kaſten geht der Rauch durch ein Rohr *g* aus dem Zimmer hinaus. Die Heizung kann entweder, wie die Fig. 535 zeigt, von Außen angebracht werden, oder an der entgegengeſetzten Seite aus dem Zimmer ſelbſt. Wenn der Ofen guten Zug hat, iſt das letzte vorzuziehen, denn es befördert die Reinheit der Luft in den Zimmern, indem ein ſtarker Wechſel durch den Luftſtrom bewirkt wird; falls man vielleicht auf der entgegengeſetzten Seite der Mauer, an welcher der Ofen ſteht, die Küche liegen hat, ſo bietet ein ſolcher Ofen einen großen Vortheil dar, er geſtattet nämlich, daß man das Zimmer lediglich durch diejenige Wärme heize, welche von dem Sparheerd der Küche geradezu verloren geht. Dergleichen Heerde haben nämlich eine ungemein kurze Circulation, aus dem Ende derſelben geht nicht abgekühlter Rauch, ſondern eine ſtarke Flamme in den Schornſtein. Dieſe tritt nun, wenn man

Digitized by Google

sie zweckmäßig benutzt, in den Etagenofen, durchstreicht, bevor sie in den Rauchfang tritt, die sämmtlichen Züge und erhitzt diese so bedeutend, daß durch diesen Abgang von Feuer, durch dies gänzlich unbenutzt bleibende, verloren gehende Material ein großes Zimmer auf das vollständigste erwärmt wird. Ja die Temperatur kann bei lange fortgesetztem Gebrauch des Feuerheerdes sogar unbequem werden, deßhalb haben so eingerichtete Heerde gewöhnlich zwei Mündungen, deren eine immer durch eine Klappe zu verschließen ist; wenn man also das Zimmer warm genug hat, sperrt man den Weg zum Ofen und läßt das Feuer in den Rauchfang entweichen. Während des Sommers bleibt natürlich derselbe auch verschlossen, doch wenn ein paar recht kalte Sommertage es wünschenswerth machen, im Zimmer eine etwas höhere Temperatur zu haben, als der Sommer bietet, und man sich doch nicht entschließen würde zu heizen, also acht Tage, wohl vielleicht ein Monat lang in einem höchst unbehaglichen, frostigen Zustand verharren würde, so ist durch solche Einrichtung geholfen — man öffnet die Klappe rechts und verschließt die Klappe links, nun strömt die warme Luft des Heerdes durch den Ofen und das Zimmer wird bald die behagliche Temperatur haben, welche wünschenswerth ist.

Diese Oefen sind von Eisen und sollen nur von Eisen sein, würden sie gleich den nordischen Kachelöfen aus Thon gebaut werden, so würde der Zweck, den man vorhat, die Wärme der abgehenden Flamme und des Rauches für das Zimmer zu benutzen, nicht erreicht werden, denn um den Kachelofen so zu durchwärmen, daß er an das Zimmer abgeben kann, bedarf man einer größeren Wärmemenge.

Die beste Einrichtung für einen Ofen ist jedenfalls die russische. Im Süden, wir wollen gar nicht sagen, von Europa, also etwa in Italien, Griechenland, Spanien — sondern nur im Süden von Deutschland und Frankreich — kennt man den Ofen, wie er eigentlich sein sollte, gar nicht, und es wäre doch so sehr nöthig, denn theils ist dort das Holz überaus theuer, theils der Winter mitunter dergestalt grimmig, daß man sich gänzlich in ein nordisches Klima versetzt glaubt.

Kamine.

In Italien und Spanien kennt man nur Kamine, und man heizt sie mit dem Stroh des türkischen Weizens oder mit Weinranken, deren Ueberfluß im Sommer abgeschnitten, zusammengebunden, getrocknet und zur Winterfeuerung bewahrt wird. Dort friert man auch ganz erbärmlich während der Monate November, Dezember, Januar und Februar. Denn

Digitized by Google

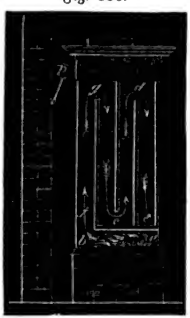
die Wohnungen sind für den Sommer eingerichtet, entweder, wie für die ärmere Klasse, über alle Begriffe schlecht und leicht gebaut, so daß jedes Lüftchen hinein- und hindurchdringt, oder gar nur mit drei Wänden, gegen die Sonne offen und nur durch einen Teppich verhängt, oder sie sind umgekehrt über alle Begriffe schwer gebaut, wie für die reichen Leute, sind durch mehrere Stockwerke gewölbt, schließen den Luftzutritt fast gänzlich aus und haben daher immer eine wahre Kellertemperatur, wozu der Mangel an Dielen (alle Zimmer und Säle sind mit Kalksteinen in großen Tafeln, mit schlechtem Marmor gepflastert) nicht wenig beiträgt. Der Winter ist mithin dort überaus empfindlich, und da die Leute sonst keine andere Mittel haben und der Kultur fast ganz unzugänglich sind, also die Schätze, welche der Boden ihnen liefert, nicht achten, nicht benützen, wenn sie nicht in gediegenem Metalle bestehen, so kennen sie nichts anders, als sich, wenn sie frieren, in die Sonnenstrahlen zu stellen und sich nothdürftig durchwärmen zu lassen oder — wie es die Damen gewöhnlich machen, in einen Topf einige Reisigkohlen zu legen, um sich daran die Hände ꝛc. zu wärmen, ein Surrogat für die in Holland gebräuchlichen Feuerstübchen. Steinkohlen aufzusuchen ist wohl noch nie einem Spanier oder Italiener eingefallen, obschon die vielen Deutschen, welche nach und nach Italien zu ihrem bleibenden Aufenthalt gewählt haben, in einer leicht erklärlichen Liebe für die Maler- und Bildhauerkunst, in einer jedoch ziemlich unerklärlichen Entsagung aller Bequemlichkeiten, welche sie in so großem, überwiegenden Maaße im deutschen Norden finden, in ihren Zimmern den bequemen Ofen einzuführen wußten — allein der Ofen wie das Heizmaterial, beide sind ein fremdes Product, sie haben den ersten sich aus Preußen oder aus Belgien kommen lassen und sie beziehen die Steinkohlen von den anlangenden Dampfschiffen, und so ist es denn kein Wunder, daß die vortreffliche Heizmethode durch Oefen keinen Eingang finden kann, in Süddeutschland aber ist es lediglich ein nicht zu besiegendes Vorurtheil gegen alles, was aus dem Norden kommt, welches die Einführung besserer Oefen hindert. Der Verfasser selbst, welcher lange Zeit in jenen Gegenden gewohnt, hat die Töpfer nur dadurch, daß er während der ganzen Zeit des Ofensetzens gegenwärtig war, so weit gebracht, die Züge so anzuordnen, wie er gewollt, auch der günstigste Erfolg hat keinen Meister bewogen, ähnliches an anderen Orten zu leisten, noch irgend einen Hausbesitzer, Aehnliches zu fordern.

Digitized by Google

Kachelöfen.

Die fraglichen ruſſiſchen Oefen haben unten einen Feuerraum *a b*, derſelbe erſtreckt ſich von der Thüre bis zur äußerſten Grenze des Ofens.

Fig. 536.



Hier iſt die Decke durchbrochen und die Flamme ſteigt in der Richtung des Pfeiles aufwärts bis an den oberen geſchloſſenen Theil des Ofens, von hier ſinkt die glühende Luft durch den Zug, durch die nachrückende Luft gezwungen, in der Richtung des Pfeiles abwärts in einen zweiten Kanal, welcher parallel der Wandung des erſten und des Ofens eben ſo von oben nach unten verläuft, wie der erſte von unten nach oben. Iſt die heiße Luft hier angelangt, ſo findet ſie nirgends als bei *c* einen Ausweg in den dritten Canal, der wieder aufſteigt, bei *d* ſich mit einem vierten verbindet, in dem die Luft endlich bei *e* einen Ausgang aus dem Ofen in das Freie, in den Küchenraum oder Schornſtein erhält.

Es iſt abſichtlich die Sache hier als beendet angenommen, denn gewöhnlich iſt dies nur die Anſicht von dem nach dem Zimmer gerichteten Theil des Ofens, und ſtatt daß der Rauch mit der noch immer ſehr heißen Luft bei *e* den Ofen verläßt, ſteigt er nun auf der Seite der Wand wieder in die Höhe, dann herab ꝛc. und macht ganz denſelben Weg wieder zurück, bis er in dieſer zweiten Röhrenſchicht, in dem achten von den Kanälen, deren wir hier viere ſehen, hinter *f g* angelangt iſt, zum letzten Male von *g* nach *f* abwärts zieht und nun, durch die Wand gehend, das Zimmer verläßt.

So mit acht Zügen werden dieſe Oefen gewöhnlich eingerichtet und es läßt ſich, wie begreiflich, das nicht zeichnen, außer dadurch, daß man daſſelbe noch einmal in entgegengeſetzter Richtung darſtellt, was hier einmal bereits gegeben iſt.

Die Oefen haben vor allen anderen den Vortheil voraus, daß ſie der erhitzten Luft, dem Rauche den längſten Weg vorzeichnen und Gelegenheit geben, die Wärme, welche bei kurzen Zügen verloren iſt, nach und nach an die Wandungen des Ofens abzuſetzen, welche dann wieder, indem ſie ſich abkühlen, dieſe von ihnen ausgehende Wärme dem Zimmer abgeben.

Digitized by Google

Auf diese Oefen sind auch die luftdichten Thüren vollkommen anwendbar, was bei den Oefen mit horizontal laufenden Zügen gar nicht thunlich ist, obwohl man ohne Unterschied und ohne zu fragen, wie der Ofen im Innern beschaffen sei, sie anwendet.

Luftabsperrung.

Der Ofen ist um so besser gesetzt, je lebhafteren Zug er hat, es brennt das Heizmaterial in kürzester Zeit aus, der Ofen wird mit dem geringsten Verlust von entweichender, heißer Luft erwärmt. Nun ist der Zeitpunkt eingetreten, wo das Feuermaterial, so weit als nöthig, verbrannt ist. Von diesem Augenblick ist jeder Zug schädlich, er führt kalte Luft in den Ofen, diese erhitzt sich durch die Wärme, welche man dem Ofen mittheilte, damit er sie dem Zimmer abgeben sollte — er entführt diese dem Ofen, dies geschieht durch immer neu zutretende, niedrig temperirte Luft unaufhörlich und in einer Stunde ist der Ofen, welcher das Zimmer zwölf Stunden lang hätte heizen können, abgekühlt. Da hilft man sich nun dadurch, daß man die Oeffnung *e* in dem Ofen oder in Fig. 536 die obere Mündung der Züge verschließt, durch eine Klappe oder durch einen thönernen Pfropf, einen Cylinder von dem Durchmesser der Röhre, die den Ofen endet.

Der Verschluß ist sehr unvollkommen, aber dennoch kann er viel zu vollkommen sein, wenn der Ofen nicht ausgebrannt war. Die höchst schädlichen Gasarten, welche glimmendes Holz, Torf, Steinkohlen, ja sogar Coaks, welche doch schon abgeschwefelt sind, entwickeln, bringen Uebelkeiten, Kopfschmerz — wenn man sie aber schlafend einathmet, gewöhnlich den Tod durch Erstickung herbei — diese Art von Verschluß darf man daher niemals den Dienstboten überlassen, unzählige Unglücksfälle sind alle hierauf zu schieben. Doch muß der Ofen geschlossen werden und man kann der Herrschaft kaum zumuthen, daß sie den Rauchstöpsel selbst in die Hand nehme oder sich von der Nothwendigkeit oder Zulässigkeit ihn anzuwenden, überzeuge.

Nun giebt es da ein schönes Mittel den Zug abzuschneiden. Um dies zu bewerkstelligen, genügt es vollkommen, eine der beiden Oeffnungen, die der Heizung am Anfange oder den Abzugskanal am Ende der Röhre, gleichviel welche, zu verschließen. — Nun so verschließe man die Heizöffnung — wo keine frische Luft zutreten kann, da ist es unmöglich, daß erhitzte entweichen und dem Ofen die Wärme entziehe. Dies bewerkstelligen die luftdichten Ofenthüren, d. h. solche, deren Platten entweder auf der Zarge auf-

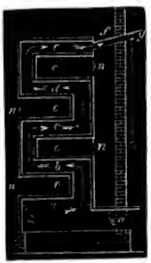
Digitized by Google

geschliffen sind und durch den Druck einer Schraube so dicht an diese schließen, daß sie nur wenig (in Beziehung auf den Zug im Ofen so gut wie gar keine) Luft durch die Berührungsfläche gehen lassen, oder indem dasselbe wohlfeiler und leichter durch einen mit Asbest bereiteten Kitt geschieht, welcher sich noch dichter an die Thüre schließt und da er nicht verbrennt oder verkohlt, allen Erfordernissen entspricht ohne große Umstände zu machen, da er nicht wiederholt aufgetragen zu werden braucht, sondern ein für allemal in einer Nute der Ofenthürenzarge festsitzt.

Der Verfasser sagte oben, die russischen Oefen seien die einzigen, bei denen diese Einrichtung praktischen Vortheil gewähre, sie hindert nämlich den Luftwechsel durch Zug beinahe vollkommen, und ein so eingerichteter Ofen darf ohne die mindeste Gefahr für die Bewohner des Zimmers verschlossen werden, auch wenn er noch lange nicht ausgebrannt ist, auch wenn noch das Holz in vollen gelben Flammen brennt. Der Erfolg des Verschlusses wird nur sein, daß, da keine frische Luft zutreten kann, das Feuer nach und nach erlischt und man am folgenden Tage die halb verkohlten Brände findet. Da aber eine Abkühlung vermöge der Durchströmung mit kalter Luft von Innen *nicht* stattfindet, so findet die Abkühlung des Ofens lediglich zu Gunsten des Zimmers statt, es kann keine bessere Einrichtung gefunden werden — allein nur russische Oefen leisten dies.

Stellen wir uns nochmals den Ofen vor, welcher S. 320 beschrieben worden und denken wir uns die Oeffnung unten vollkommen luftdicht verschlossen, so werden wir zweifelsohne einsehen, daß ein Luftwechsel durch Zug *auch bei diesem* Ofen nicht möglich ist, es sollte daher auch bei diesem Ofen die luftdichte Thüre die gewünschte Wirkung haben; in einiger Art wird sie auch eintreten, nämlich die unten liegenden Brände werden erlöschen, das Feuer wird nicht mehr fortbrennen. Allein die obere Oeffnung gestattet der kalten Luft der Küche oder des Rauchfanges, wohinein sie mündet, Zutritt, und diese sinkt (als schwerer) in dem ununterbrochen abwärts gehenden Kanal, in der Richtung der Pfeile abwärts,

Fig. 537.



immer an den unteren Schichten der Kanäle, und verdrängt so die warme Luft, welche längs der oberen Decke der Kanäle aufsteigt und bei *g* den Ofen verläßt. Unterdessen aber ist die eingedrungene kalte Luft auch warm geworden und rückt aufwärts, indeß kalte von oben nachsinkt, und so ist ein Luftwechsel eingeleitet, welcher trotz der luftdichten Thüre nicht gehindert

Digitized by Google

werden kann, gegen diesen Luftwechsel schützt nur das als gefährlich bezeichnete Verschließen der oberen Oeffnung.

Anders verhält sich dies bei den russischen Oefen. Die Oeffnung ist unten. Die Tendenz der warmen leichtern Luft zu steigen, die der kalten schwerern zu sinken, kann sich hier nicht offenbaren. Nehmen wir an, hinter *e* sei die Küche oder der kalte Luftraum des Vorgeleges zu suchen. Wohin soll die Luft dieses Vorgeleges sinken, etwa von *e* nach *d*? das hieße steigen, das thut die schwere Luft innerhalb der warmen nicht! Umgekehrt wohin soll die warme Luft aus dem Ofen steigen? etwa von *d* nach *e* — das hieße sinken, die warme Luft sinkt aber der kalten zu Gefallen nicht. Sobald also die kalte Luft des Vorgeleges den Raum des Kanals *d e* bis zu der vollen Höhe der Oeffnung *e* ausgefüllt hat, so versperrt sie sich selbst den weiteren Weg. Ja nehmen wir an, der Ofen habe, nicht wie hier dargestellt, die Züge in paariger Anzahl, sechs, acht (man geht in Rußland und Schweden für große Gemächer bis auf 12 Züge), sondern ihre Anzahl wäre unpaarig, also der letzte endete nicht unten, sondern oben bei *d*, so wäre das zwar nicht so vortheilhaft als das vorige, allein der größte Schade, welcher begegnen könnte, wäre der, daß die kalte Luft bei *d* eindringen und bis *c* sinken (den Kanal *d e* müssen wir uns fortdenken, es sind jetzt nur 3 Züge) könnte, aus diesem dritten oder siebenten Kanal würde denn allerdings die warme Luft vertrieben werden, weiter aber nicht, denn bei der nächsten Biegung müßte schon die kalte Luft steigen, die warme sinken, was gegen ihre Natur und gegen die Gesetze des aerostatischen Gleichgewichts geht, daher nicht stattfinden kann, so ist thatsächlich dargethan, daß die russischen Oefen diejenigen sind, bei denen der Verschluß der Heizöffnung wirklich einen großen Vortheil gewährt, was bei den anderen nicht der Fall. Die schädlichen Gasarten aber, welche sich aus dem halb erstickten Holze entwickeln, werden am Abzuge gar nicht gehindert. Gesetzt es entwickelte sich nach und nach davon eine solche Menge, daß sie den Ofen sprengen müßten, wenn sie darin beisammen blieben, so ist doch nicht der geringste Schade, nicht die mindeste Gefahr zu befürchten, weil sobald durch ihre Entwickelung ihre Elasticität höher wird als die der kalten Luft draußen, nichts sie hindert dahin abzufließen, wie stark also auch ihre Entwickelung ist, im Ofen doch nicht mehr davon bleiben kann als ein Elasticitätsgleichgewicht, mit der

Fig. 538.

Digitized by Google

der äußeren Luft entsprechend; von einer Spannung im Innern des Ofens ist also keine Rede.

Rauchverzehrung.

Das unverbrannte, abziehende Material (Rauch) kann sehr lästig werden und es ist wohl wünschenswerth ein Mittel zu haben, welches bewirkt, daß Alles verbrannt werde. Es handelt sich nicht allein um den Verlust an Brennmaterial (und dieser ist sehr bedeutend, wie ein Jeder zugestehen wird, der einmal den furchtbaren schwarzen Qualm gesehen hat, welcher aus dem Rauchfang einer Dampfmaschine aufsteigt, wenn neues Brennmaterial aufgelegt wird), sondern auch darum, seinen Nachbarn nicht lästig zu sein, und dies kann so weit gehen, daß sie Einem das Handwerk legen. Schon der Bäcker macht durch den Rauch seiner Oefen oft straßenweit den Anwohnern große Ungelegenheiten, was ist aber der Rauch eines Backofens, mit trocknem Föhrenholz geheizt, im Vergleich mit dem Qualm einer Dampfmaschine von 50 Pferdekraft, besonders wenn sie etwa niederen Druck hat, und daher einen sechsmal größern Kessel fordert als die Maschine mit hohem Druck.

Da helfen denn die Rauchverzehrer, deren man mehrere höchst zweckmäßige hat und welche vor allem eine Regulirung des Luftzuges und der Einbringung des Brennmaterials bewerkstelligen.

Es haben sich wissenschaftlich mit dieser Aufgabe beschäftigt Cavallo, Scheele, Franklin, Rumfort, ohne zu einem allgemein gültigen Resultat zu kommen, erst der preußische Feuerbauinspektor Heinrich Jachtmann machte 1788 so glückliche Vorschläge, daß die Regierung ihn durch ein bedeutendes Geschenk und einen erhöheten Gehalt belohnte, und ihm 36,000 Thaler Hülfsgelder zu Versuchen im größten Maaßstabe anwies. Wie dies aber gewöhnlich geht, wurden die Erfahrungen und Erfindungen im lieben deutschen Vaterlande nicht beachtet, sie mußten nach England gelangen, um zur Geltung zu kommen, und dies geschah durch eine besondere Veranlassung.

In einem stark bewohnten Theile von London befand sich eine Fabrik, deren Feuerung die Nachbarn so stark belästigte, daß sie klagbar auf Besitzstörung wurden. Eine Untersuchungskommission begab sich an Ort und Stelle und entschied dahin, daß der rauchende Schornstein der Fabrik die Häuser der Umgegend unbewohnbar mache, und so ward deßhalb dem Fabrikbesitzer aufgegeben seine Maschine ruhen zu lassen.

Dem Mann so wie seinen Arbeitern gleichfalls war der Rauch sehr zur Last gewesen, allein er hatte ihn ertragen wie ein Uebel, welches nun

Digitized by Google

einmal nicht zu ändern ist — jetzt saß ihm, wie man so zu sagen pflegt, das Messer an der Kehle, und was er der eigenen Bequemlichkeit wegen nicht gethan hatte, das that er nun um Verluste zu vermeiden, er sah sich nach einer Verbesserung der Feuerungsmethode um.

Auf einmal sah man die Dampfmaschine der Fabrik wieder in voller Thätigkeit — die Anwohner, welche ihren errungenen Vortheil nicht aufgeben, sich nicht von Neuem durch den Rauch belästigt wissen wollten, boten die Hülfe der Polizei auf, indem sie erklärten, der Fabrikherr vergehe sich gegen einen Richterspruch, welcher gegen ihn erlassen — die Polizei wollte einschreiten, allein er sagte — die Fabrik belästigt ja Niemanden, sondern nur der Rauch — finden Sie denn, daß mein Schornstein raucht?

Unwillkürlich wandten sich die Augen aller Anwesenden nach der Mündung des mehrere hundert Fuß hohen Rauchfanges — man sah nichts als eine in leichten Wellen aufsteigende, klare Luft demselben entströmen. Die Polizei beruhigte sich, die klagbar gewordenen Nachbarn thaten dasselbe und der Fabrikherr blieb unangefochten.

Mittel den Rauch zu consumiren.

Es giebt zwei Mittel und Wege zu solchem Resultat zu gelangen. Das Brennmaterial darf nicht alle Stunden, oder alle halbe Stunden in großer Menge aufgeschüttet, es muß in sehr kleinen Quantitäten, aber unaufhörlich zugeführt werden, und man muß in den Rauchfang von allen Seiten so viel Luft einströmen lassen, daß sie genügt, um alles Brennmaterial zu zersetzen.

Ueber dem Feuerraum befindet sich ein breiter Trichter für das Heizmaterial, derselbe muß immer gefüllt erhalten werden; so wie nun über dem Rost das Material verzehrt wird, so tritt durch den Trichter immerfort so viel Kohle zu dem Feuer als irgend verbrennen kann, denn wie die Kohlen unten verbrannt sind und als Asche durch den Rost fallen, entziehen sie den im Trichter liegenden Kohlen die Stütze und diese rücken nach, da aber die Stütze über dem Rost unaufhörlich kleiner wird, so tritt unaufhörlich Brennmaterial zu, wenn der Trichter nur eine genügende Neigung hat. Es tritt also hier der Uebelstand, daß der Heizer auf einmal eine große Menge frischer Kohlen aufschüttet, welche, bis sie in Gluth ist, gewaltig viel Rauch entwickelt — gar nicht ein; wenn das Material zum Brennen kommt, ist es schon stark erhitzt, getrocknet, es geräth sofort in Gluth, diejenigen Theile aber, welche sich durch die Erhitzung verflüchtigen,

Digitized by Google

müssen durch die ganze Tiefe des Feuers gehen, und können dabei sehr wohl verbrennen.

Um aber dieses Verbrennen auch besonders da, wo nur noch die glühenden Gasarten unter dem Kessel hinwegströmen, wo nämlich nicht mehr Brennmaterial liegt, zu befördern, läßt man die zweite Methode zu dieser ersten, der langsamen Aufschüttung, treten.

Durch das Mauerwerk, in welchem der Kanal liegt, führt man eine Menge kleiner Oeffnungen, welche schräg in denselben eintreten, so daß sie die Luft in dem Sinn heranführen, wie das Feuer läuft. Würden sie die entgegengesetzte Richtung haben, so würden sie das Verlangte gar nicht erreichen, sondern man würde das Feuer oder doch wenigstens sehr erhitzte Luft aus ihnen heraustreten sehen, in der andern Richtung aber führen sie dem Feuer frische Luft zu. Da dies nun an sehr vielen verschiedenen Stellen und in kleinen Quantitäten geschieht, so fehlt es nirgends an dem nöthigen Sauerstoff zur Verbrennung der Substanzen, strömt aber die Luft in solcher Menge ein, daß sie abkühlend auf die Flamme wirkt, so regelt man dieses durch Schieber.

Durch diese höchst zweckmäßigen Einrichtungen, bei denen der Heizer nichts zu thun hat, als den Trichter immerfort gefüllt, und mittelst eines Schürhakens den Rost immerfort klar zu erhalten, wird der Rauch so weit verzehrt, daß man nichts mehr davon wahrnimmt, und man erspart ein Zehntheil bis ein Achttheil des Brennmaterials. Allerdings kann man nicht mit Sägespähnen und Torfgrus heizen, doch würde vielleicht wenig dazu gehören auch dies zu ermöglichen.

Selvconsume's.

In England hat man die große Nützlichkeit dieses Verfahrens erkannt und hat die Erfindung auf einen so hohen Grad vervollkommnet, daß es Stubenöfen giebt, welche in jeden beliebigen Winkel gestellt werden können und gar keinen Rauchfang, kein Abzugsrohr haben. Das Brennmaterial (allerdings Coaks) wird vollständig verzehrt, ohne die Bewohner des Zimmers zu belästigen, bei der großen Beschränktheit der Handwerkerwohnungen wohl von unschätzbarem Werthe. Diese Oefen nennt man Selvconsume's, und man hat sie von der einfachen Maschine bis zum vollendet zierlichen Schmucke des elegantesten Zimmers, wie aber bei aller Sorgfalt der Construktion es möglich sein soll zu verhüten, daß der Gebrauch die Luft verderbe, begreift der Verfasser nicht, denn es kann mit aller möglichen Vorsicht bei der Anwendung doch schließlich nichts weiter bewerkstelligt werden

Digitized by Google

als die vollständige Verbrennung des Brennstoffes, es wird also nicht rauchen, dies ist aber auch Alles, je vollständiger die Verbrennung stattfindet, desto mehr Luft wird dadurch verdorben werden, auch ohne daß es raucht, der Rauch ist nur ein Anzeichen, daß Stoffe unverbrannt in der Luft schweben, solche Luft kann, wenn schon mit Beschwerde, doch immer geathmet werden — die Luft, welche aus dem Cylinder der argandtschen Lampe entweicht, klar, durchsichtig, nicht nach dem Brennstoffe riechend, würde, wenn sie gesammelt und abgekühlt eingeathmet würde, tödtlich sein.

Dies würde im günstigsten Falle dasjenige sein, was man durch ein sogenanntes Selvconsume erzielen könnte. Nun ist allerdings nicht zu leugnen, daß drei Gaslampen eine Stube vollständig erwärmen, ohne die Luft unathembar zu machen, weil wohl immerfort ein hinreichend starker Luftwechsel stattfindet durch das Auf- und Zumachen der Thüren, ob aber eine solche reine Verbrennung von Holz oder Kohlen durch dergleichen Oefen bewerkstelligt wird, wie durch eine argandtsche Lampe oder einen solchen Gasbrenner muß dahin gestellt bleiben, und kann nur gesagt werden, daß es im Großen bis jetzt nur annäherungsweise, keineswegs vollkommen möglich gewesen, daß aber der Theorie nach im Kleinen (wie wir an den verschiedenen gedachten Lampen sehen) der wirklich völligen Verbrennung der meisten angewendeten Stoffe nicht das Mindeste im Wege steht. Theorie und Praxis stimmen nur leider nicht immer überein, und was ein Ofenmodell (wie z. B. eine argandtsche Lampe, der man, um sie zum Ofen zu machen, ja nur einen Metallcylinder statt eines Glascylinders zu geben braucht) leistet, berechtigt noch gar nicht zu dem Schlusse, daß in größerer Ausdehnung ausgeführt, dasselbe geleistet werde.

Luftheizung.

Die sogenannte Luftheizung hat einmal viel von sich reden gemacht, und zweifelsohne hat sie ihre große Bequemlichkeiten, allein nicht minder bedeutend sind die Nachtheile davon, deren schlimmster wohl der unverhältnißmäßige Kostenaufwand sein dürfte, weil man nicht ein Zimmer, sondern stets die ganze der Heizung zugehörige Räumlichkeit heizen muß. In Rußland, wo das Holz sehr wohlfeil ist, in England, wo man mit Steinkohlen heizt und wo jede Familie ein ganzes Haus bewohnt, ist die Sache gewiß praktisch, auf dem übrigen Festlande von Europa (Rußland und Schweden abgerechnet) sehr viel weniger.

In dem Keller des Hauses wird ein gewölbter, mäßig großer Raum ausgesondert, von sehr leicht trocknendem und schlecht die Wärme leitendem

Digitized by Google

Gestein aufgebaut, er ist die Heizkammer. In dieser steht ein eiserner Ofen, welcher von außen geheizt werden muß. Der Ofen hat soviel Rohr als irgend möglich, sollte auch der ganze gewölbte Raum, der Ofenmantel, so damit angefüllt werden, daß nur ein Mensch noch hinein kann, um die nöthigen Reparaturen zu veranlassen.

Dieser Heizraum hat nahe an seinem Boden oder in dem untersten Theile der Thüre mehrere Oeffnungen, durch welche die kalte äußere Luft eintreten kann. Oben über dem Heizraum befindet sich ein Rohr, in welchem die erwärmte Luft aufsteigen kann.

Von diesem Hauptrohr gehen schräg aufwärts soviel Zweigröhren etwa von 6 bis 8 Zoll Durchmesser ab, als man Zimmer in dem untersten Geschoß heizen will. Alle Röhren müssen aus Eisenblech und doppelt sein, so daß zwei Röhren in einander stecken. Die äußere, um 1 Zoll weiter als die innere, umgiebt diese von allen Seiten in einem gleich weiten Abstande, und der Zwischenraum zwischen Beiden wird mit Holzasche, einem sehr schlechten Wärmeleiter, gefüllt.

Alle in dem Heizraum erwärmte Luft — sie kann bis zur Glühhitze des Eisens gebracht werden — steigt durch diese Röhren zu den einzelnen Zimmern; in jedem derselben mündet eine solche und zwar zunächst dem Boden, gewöhnlich läßt man sie in das Zimmer selbst etwa so lang treten als sie weit ist, also etwa eine Viertelelle, hier nun giebt man ihr ein Knie, so daß sie etwa eben so hoch als sie weit ist, emporgeht, und dann glatt und eben abschneidet. In diesem Knie ist die Klappe angebracht, welche gestattet, daß man die Röhre luftdicht verschließe. Auf der Mündung der Röhre pflegt gewöhnlich ein ziemlich starkes Drahtnetz zu liegen, so daß man allenfalls ein kleines Wassergefäß darauf setzen kann, damit dieses sich erhitze und Wasserdampf erzeuge. Die Luft nämlich, welche aus dem Heizraum kommt, ist so außerordentlich trocken, daß ihr Einathmen unbequem wird, und daß der Putz an den Wänden und der Decke unzählige Risse bekommt, die Dielen weit auseinander klaffen, die besten ausgetrockneten Möbel doch noch weiter zusammentrocknen und in Folge dessen Spalten bekommen, aus dem Leim und aus den Fugen gehen ꝛc.

Man glaubt diesem Uebelstande dadurch zu begegnen, daß man der heißen Luft Wasser zum Verdampfen vorsetzt, man erreicht aber leider nicht viel, es scheint als böte dieses nachträgliche Dampfbilden keinen Ersatz für das natürliche, in der Luft liegende Wasser, oder es wird möglicher Weise auch nicht genug Wasser zum Verdampfen gegeben. Hauptsächlich aber ist, daß bei dem geringen Nutzen, den dies Verfahren gewährt, ein großer Wärmeverlust stattfindet. Die Wärme, welche darauf verwendet

Digitized by Google

wird, das Wasser in Dampf zu verwandeln, kann nicht verwendet werden, das Zimmer zu erwärmen.

Haben wir das untere Geschoß versorgt, so leiten wir aus dem Heizraum das Hauptrohr gerade aufwärts zu der ersten Etage. Hier theilt sich dieses Rohr abermals in soviel Zweige als man Zimmer heizen will, ganz eben so macht man es für die folgenden Etagen und es ist nicht zu leugnen, daß wenn Alles recht zweckmäßig eingerichtet ist, diese Heizungsart sich für das Palais eines sehr reichen Mannes, dem es nicht darauf ankommt, ob der Winter ihm 500 oder 600 Thaler an Holz kostet, daß es ferner für ein Gerichts- oder Regierungsgebäude, für eine Akademie, ein Museum, wo täglich derselbe Raum geheizt werden soll, sich sehr wohl eignet. Es ist sehr schön wenn, wie in den Prachtbauten der russischen Großen, das Haus von dem untersten Flur ab bis zur Bodenkammer geheizt ist, aber für den Privatmann, der heute vier, morgen zwei Zimmer heizen will, ist die Einrichtung nicht, denn gesetzt, er habe sich eine solche machen lassen, mit der er nöthigenfalls eine ganze Belletage heizen kann, und gesetzt in dem Falle, daß er dies thäte, habe er den Vortheil geringerer Kosten für sich, so verschwindet dieser ganze Vortheil, so wie er zwei oder drei Zimmer ausschaltet, die übrigen können wohl etwas wärmer werden, als wenn alle geheizt werden sollen, aber weniger heizen darf er seinen Ofen, der für alle dienen soll, nicht.

Alter der Luftheizung.

Die Erfindung der Luftheizung wird für sehr neu gehalten, ja in Oestreich schreibt man sie dem Lastträger der Physik und Technik, dem östreichischen Boile, dem Professor Meißner zu, welcher vielerlei über Pharmacie, Technologie u. s. w. geschrieben hat, dem dann die liebenswürdige Gemüthlichkeit der Wiener nun auch alles, was in diesen Sammlungen wissenschaftlicher oder industrieller Thatsachen aufgeführt ist, als dem Erfinder zuschreibt — so nennt man denn die Luftheizung in Oestreich die meißnersche Heizung, so heißt die Gasbeleuchtung die meißnersche Beleuchtung u. s. w.

Es ist aber nicht nur unzweifelhaft, daß seit der Anlage von Petersburg durch Peter den Großen (der jedenfalls 14 Tage früher gelebt hat als Meißner) die Luftheizung dort allgemein praktisch eingeführt war und seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts kein Pallast ohne diese Heizung gebaut worden ist — es ist nicht nur höchst wahrscheinlich, daß die alten Römer dieses Verfahren, mit erwärmter Luft zu heizen, bereits ge-

Digitized by Google

kannt und angewendet haben, wenn auch nur zur Heizung der Bäder — sondern es ist auch gewiß, daß in den baltischen Ländern die Luftheizung im großartigsten Maßstabe ausgeführt worden ist, zu einer Zeit, welche viele Jahrhunderte hinter uns liegt.

Die große, herrliche Marienburg, mit den prächtigsten Denkmälern altdeutscher Baukunst, 1309 (also vor 550 Jahren) vollendet, hat eine vollständig praktisch angelegte Luftheizung, welche aus dem Keller der Hochburg durch alle Geschosse aufwärts ihre Kanäle entsendet und uns gewiß das älteste Beispiel einer solchen für den täglichen Gebrauch eingerichteten Heizung liefert. Der Ofen für diesen großartigen Apparat ist nicht aus Eisen, sondern aus gebrannten Steinen aufgeführt; dieses ist höchst zweckmäßig, denn die so erwärmte Luft wird nicht desoxydirt, wie es geschehen muß, wenn ein eiserner Ofen glühend wird, sie ist also nicht schädlich, reizt nicht zum Husten, ist nicht so übermäßig trocken; allein ein solcher Ofen war wohl damals anwendbar, wo es bei der ungeheueren Ausdehnung der lithauischen und polnischen Eichenwälder nicht darauf ankam, ob man täglich eine oder zwei Klafter Holz brauchte, jetzt aber, wo die Eichen gefallen sind und den prächtigen Weizenfeldern Platz gemacht haben, welche der Segen von Ostpreußen sind, jetzt dürfte ein Ziegelofen nicht ganz am rechten Platze sein.

Wasserheizung.

So wie die Luftheizung darauf beruht, daß erwärmte Luft sich in kalter erhebt, weil sie leichter ist, so beruht auch die Heizung mit Wasser darauf, daß erwärmtes Wasser in kaltem emporsteigt.

Man kann sich dieses sehr leicht veranschaulichen, wenn man in einem dünnen Glase Wasser über einer Spiritusflamme erhitzt, nachdem man dem Wasser ein wenig fein gestoßenen Bernstein oder Siegellack zugesetzt hat. Die beiden Pulver sind in Schwere mit dem Wasser ziemlich gleich und erhalten sich darin schwebend, so daß man durch diese Trübung die Bewegungen des Wassers sehr deutlich sehen kann, was ohne dieses Hülfsmittel wenigstens viel größerer Aufmerksamkeit bedarf als von demselben unterstützt.

Die Figur 539 zeigt einen Glaskolben mit Wasser, unter welchem eine Weingeistlampe brennt; die der Flamme zunächstliegenden Theile des Wassers werden erwärmt, sie verlassen sofort den Boden und steigen in der Mitte auf, ihnen folgen andere Theile, welche nunmehr erwärmt worden sind; diesen folgen abermals andere, und so erhebt sich eine Säule von wärmerem Wasser in der Mitte der Kugel. Natürlich müssen die Theile,

Digitized by Google

welche unten abgehen, durch irgend etwas ersetzt werden, sonst erhielten wir ja einen leeren Raum, — sie werden von den Seiten her ersetzt, in die Stelle der aufsteigenden Wassertheile rücken sofort von den Seitenwänden des Gefäßes her die kälteren Schichten.

Fig. 539.

Allein die nach oben kommenden erwärmten Theile müssen doch auch irgendwo hin, da sie von nachrückenden noch wärmeren gedrängt werden, eben so müssen ja auch die rings an den Wänden leer werdenden Räume erfüllt werden; dies Letztere geschieht durch höhere Schichten kalten Wassers, die an den Wänden des Gefäßes abwärts gehen, den unteren folgen, und endlich treten die nach oben gelangten schwach erwärmten Theile des Wassers, die sich unterdessen auf der Oberfläche seitlich ausgebreitet haben, in die Stelle der an den Wänden herabrückenden.

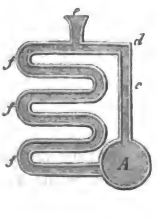
Es bildet sich auf diese Art ein vollständiger Kreislauf aus, wie ihn die Figur 539 darstellt, und wie es eben durch den in das Wasser gestreuten Bernstein höchst anschaulich ist.

Daß hierbei erwärmtes Wasser *abwärts* geht, wie es *scheint*, liegt nur darin, daß das übrige aufsteigende Wasser noch wärmer ist, das ursprünglich zuerst erwärmte ist jetzt das weniger warme und sinkt mithin in diesem, so wie dieses jetzt viel wärmere nach wenigen Secunden selbst in dem übrigen Wasser sinken wird, welches nach und nach viel höher erhitzt worden ist.

Einfachster Apparat zur Wasserheizung.

Ein jeder sieht leicht ein, daß noch viel bequemer und entschiedener alles dieses eintreten würde, wenn das Wassergefäß in Röhrenform verliefe.

Fig. 540.



Ist z. B. in der nebenstehenden Figur *A* der Kessel und führt aus diesem eine Röhre grade in die Höhe, dann rechtwinklig seitwärts, dann abwärts u. s. w. und endlich wieder ganz unten in den Kessel zurück, so werden die kreisförmigen Strömungen in demselben gar nicht entstehen, sondern das erhitzte Wasser wird durch den Kessel gerade auf in die Röhre *cd* steigen, indessen aus der untersten Biegung der Röhren *fff* Wasser nach *A* strömt, dadurch rückt natürlich das Wasser der mittelsten Röhre

Digitized by Google

in die untere und das der obersten in die mittlere, und das warme Wasser aus *cd* kann nunmehr nach *df* gelangen.

Der Kessel *A* wird auf diese Weise unaufhörlich warmes Wasser aussenden und kaltes empfangen, bis dasselbe in den Röhren *ff* selbst kochend ist. Dies wäre der Zeitpunkt, in welchem ferneres Kochen die Gefahr des Zerspringens dieses Kessels mit sich führte; allein dafür ist durch die Oeffnung *e*, zum Einfüllen des Wassers bestimmt, und nach diesem mit einem Kork geschlossen, so viel als nöthig gesorgt; denn bevor die Röhren und der Kessel springen können, wird der Dampf den Kork hinaus werfen, und da der Dampf alsdann entweichen kann, so wird von einer Möglichkeit des Zerspringens keine Rede sein.

Allein ein zweiter Umstand wird dies noch mehr verhindern. Das Wasser wird niemals zum Sieden kommen, es wird nur mehr oder minder sich der Temperatur des Siedepunctes nähern, denn nur auf den Kessel *A* wirkt ja das Feuer, auf alle übrigen Theile wirkt die umgebende kältere Luft, steigt also in *cd* wirklich siedendes Wasser auf, so siedet es schon nicht mehr, wenn es bei *d* angelangt ist, es hat bei *f* vielleicht schon 10 Grad von seiner Temperatur verloren, in der zweiten Biegung noch mehr, und ist der Bogen der Röhren bedeutend, so wird es ziemlich abgekühlt in *fA* anlangen, um den Kessel zu speisen.

Hierdurch ist solch ein Apparat gegen Unglücksfälle durch Zerspringen geschützt, aber eben hierdurch wird er brauchbar, kalte Räume zu erwärmen, denn die Wärme, welche die Röhrenleitung verliert, erhält ja die sie umgebende Luft.

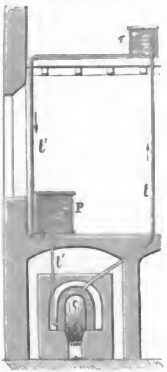
Der Marquis de Chabannas führte diese Heizungsmethode zuerst auf seinen Schlössern ein, später hat sie sich weiter verbreitet, doch immer nur vereinzelt. Sie besteht im allgemeinen lediglich darin, daß man, wie bereits mitgetheilt, das Wasser durch Röhren in die zu heizenden Räume führt, wo es dann an diese die Wärme abgiebt; es ist dabei gut, wenn man den aufsteigenden Strom benutzt, also diesen als den heißesten, verwerthet, nicht den absteigenden, in welchem das Wasser schon bedeutend abgekühlt ist. Um diese Wärmequelle recht ausgiebig zu machen, läßt man das Wasser in metallene Oefen steigen, welche aus doppelten Blechwänden bestehen, zwischen denen das Wasser in sehr dünner Schicht aufsteigt und so sehr viel Oberfläche findet, um an diese seine Wärme für den zu heizenden Raum abzutreten.

Merkwürdig genug mag es erscheinen, daß dieses sich von selbst als richtig ergebende Prinzip bei den Ausführungen ins Große niemals angewendet wird, sowohl Bonnemain's aus dem 17. Jahrhundert stammende,

Digitized by Google

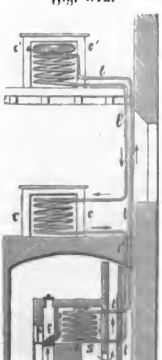
als Perkins der neuesten Zeit angehörige Anordnung befolgt die Regel nicht, sondern läßt erst das absteigende Wasser zur Ausstrahlung der Wärme verwenden, vielleicht macht sich die Sache in der Praxis anders als in der Theorie.

Fig. 541.



Die ältere Einrichtung zeigt sich in Figur 541. Unten befindet sich das Feuer C von einem Wasserbehälter umgeben, aus dem die Röhre t der Richtung der Pfeile nach aufwärts geht bis zu einem oberen Geschosse, woselbst ein metallener Ofen r das erhitzte Wasser empfängt. Dasselbe strömt aus der ganz oben in das Gefäß mündenden Röhre, und überzieht also die Oberfläche desselben mit warmem Wasser; durch die Röhre t' t' sinkt in der Richtung der Pfeile abwärts das Wasser nach einem zweiten (dritten, zehnten) Behälter l', woselbst diese Röhre aber auch ganz oben mündet. Vorläufig bringt sie nur das aus dem oberen Ofen verdrängte kalte Wasser, und aus l' dringt durch t' eben solches unten in den geheizten Kessel. Allein immerfort steigt aus demselben warmes und zuletzt heißes Wasser auf, bis endlich der ganze Kasten r mit heißem Wasser gefüllt ist; nun geht auch dieses heiße Wasser (von noch heißerem aus dem Kessel kommend, getrieben)

Fig. 542.



nach dem zweiten Ofen l', und dieser empfängt nunmehr schon warmes Wasser, indeß das in ihm enthaltene kalte Wasser nach C hinab sinkt; bald wird aber auch dieses so weit erwärmt, daß es ausgiebt, und nun beginnt auch der untere Raum geheizt zu werden.

Man sieht, hier ist noch viel schwerfälliges, besser und leichter ausführbar ist die Wasserheizung, wie Perkins dieselbe angegeben hat. Die Oefen alle bestehen hier aus spiralförmig gewundenen, kupfernen Röhren, selbst der Kessel ist so gestaltet, er steht bei S mehr im Feuer, welches von f her den ganzen Kessel umspielt, und dann in der Richtung der Pfeile abwärts, im Kamin t aber erst aufwärts geht.

Die Spiralröhre des untersten Raumes wird

Digitized by Google

nun gerade und steigt aufwärts in den höchsten zu heizenden Raum, woselbst sie sich wieder in eine absteigende Spirale verwandelt. Das oberste Stück dieser Spirale *cc* ist zu einem breiteren Gefäß ausgedehnt, damit das erwärmte Wasser Spielraum habe.

Wie das Wasser aus dem Heizraum aufwärts steigt, so geht das verdrängte Wasser aus der oberen Spirale in der Richtung der Pfeile und durch die Röhre *t'* abwärts nach *c c*, und von hier wieder in den Kessel, in dessen allerunterstem Theile sie mündet, für das aufsteigende heiße Wasser demselben zuerst kaltes, dann aber, wenn auch nicht warmes, so doch warm gewesenes zuführend, indeß zur Speisung der Oefen fortwährend heißes nachrückt. Die Spiralen, welche ungestaltet aussehen würden, sind mit einem Mantel umgeben, welcher sie verbirgt, die Ausbreitung der Wärme aber nicht hindert.

Im südlichen Frankreich werden die warmen Quellen benutzt, um, durch metallene Röhren fließend, Wohnungen und Fabrikgebäude zu heizen; unbegreiflich ist es, daß man in Carlsbad, Teplitz und an hundert anderen Orten Deutschlands, woselbst Quellen von 30 bis 70 Grad Wärme entspringen, dieses von der Natur kostenfrei erwärmte Wasser nicht benutzt, um die Wohnungen damit zu heizen. Es scheint hier eine große Indolenz nicht zu verkennen. Die heißen Schwefelquellen von Aachen belästigen durch ihren Geruch die Bewohner mancher Straßen sehr, indem sie, in die Straßenrinnen verlaufend, mehr Schwefelwasserstoffgas entwickeln, als gerade für die Annehmlichkeit der Wohnungen zuträglich. Würde man dieses Wasser in Röhren einschließen, so könnten tausende von Wohnungen dadurch erwärmt werden und die Unbequemlichkeit des Geruches fiele fort.

Dampfheizung.

Häufiger angewendet ist die Dampfheizung, welche nicht darin besteht, daß man heiße Dämpfe in die Zimmer strömen läßt (welche Meinung der Verfasser öfter aussprechen und mit der Frage vereinigen hörte, wie man bei dieser Heizungsart denn die Unbequemlichkeit der Nässe, welche doch bald alles durchdringen müsse, vermeiden könne), sondern darin, daß man Dämpfe in Röhren von dünnem Metall durch die Räume, die geheizt werden sollen, hindurch (nicht hinein) führt.

Wasser verschluckt, um sich in Dampf zu verwandeln, eine große Menge Wärme, und wenn es aus dem Dampfzustande wieder in den des flüssigen Wassers zurückkehrt, so setzt es diese Wärme an die umgebenden Körper ab.

Hat man ein Treibhaus zu heizen, so giebt es von Heizapparaten nichts

Digitized by Google

Einfacheres als den dazu dienlichen. Irgendwo in einem Winkel wird aus sechs oder acht Ziegeln ein kleiner Ofen, ein Heerd gebaut, auf welchem ein mäßig großer mit Wasser gefüllter Theekessel steht. Derselbe hat kein offenes Ausgußrohr, sondern statt dessen ein solches in dem genau schließenden Deckel. Im Verhältniß zu dem Raume, der geheizt werden soll, muß nun natürlich die Länge dieses Rohres und die Menge des zu verdampfenden Wassers stehn, und was den Flächenraum des Rohres betrifft, so hat man durch Versuche ermittelt, daß für jede 1000 Cubikfuß zu heizenden Raumes 10 Quadratfuß Röhrenfläche genügen, gesetzt also, man hätte ein Treibhaus von 10 Fuß Höhe, 10 Fuß Tiefe und 40 Fuß Länge (also 4000 Cubikfuß), so würde ein Rohr, welches von einer Ecke des Treibhauses steigend rundum an allen vier Wänden verliefe, also etwa 110 Fuß lang wäre, zur Heizung vollkommen genügen, sobald dasselbe etwa 1½ Zoll Durchmesser hätte. Dieses gäbe auf einen laufenden Fuß eine Oberfläche von ungefähr 60 Quadratzollen, bei 110 Fuß also 45 Quadratfuß.

Man sieht, daß, wenn man die Röhre in der Weite verdoppelt, dies in Bezug auf die Kosten nicht in Betracht kommt im Vergleich mit einem ordentlichen Ofen, viel weniger mit dreien, wie bei solcher Länge eines Treibhauses nöthig wäre, wenn man nicht eine unterirdische Canalheizung anbringt, wobei noch gar nicht der Unterschied in den Heizungskosten in Anschlag gebracht ist.

Das Rohr, welches von dem Kessel ununterbrochen aufwärts steigt, nirgends horizontal oder wohl gar wieder abwärts geht, führt aus dem Kessel mit kochendem Wasser die Dämpfe durch seine ganze Länge hindurch bis ins Freie; da jedoch, so weit sein Verlauf ist, es überall eine kältere Umgebung hat, so schlägt sich überall Wasserdampf zu flüssigem Wasser nieder, und dieses fließt längs der Röhre, indeß die Dämpfe aus dem Kessel aufwärts steigen, zu dem Kessel zurück, und bringt demselben immerfort Nahrung; da es aber heißes Wasser ist, was in einem feinem Faden fortwährend zu dem Kessel zurückströmt, so hält es das Kochen im Kessel nicht auf, so unterbricht es dasselbe nicht einen Augenblick, und die Heizung durch Dampf dauert so lange als Feuer unter dem Kessel ist.

Bei dieser einfachsten Anordnung hat man nur darauf zu sehen, daß die Röhren nicht von Wand zu Wand reichen, weil sie sonst, durch die Erwärmung bedeutend ausgedehnt, sich krümmen würden, ruhen sie jedoch auf einigen, in die Mauer geschlagenen Haken und stützen sie sich mit ihren beiden Enden nicht an gegenüberstehende Wände, so kann dergleichen gar nicht vorfallen.

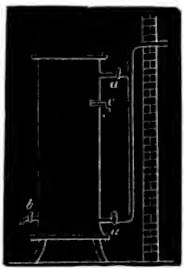
Digitized by Google

Ofenheizung durch Dampf.

Zur Heizung der Wohnungen eignet sich diese Rohrenleitung nicht recht, weil die Zimmer durch dieselbe verunziert werden. Dürfte man dieselbe horizontal legen, so könnte man sie sehr wohl verbergen, indem man sie zu Verzierungen des Sockels der Stubenwände brauchte, da dieses jedoch nicht thunlich, so muß man andere Methoden aufsuchen.

Sehr bequem ist folgende:

Fig. 543.



In der Hauptansicht gewahren wir hier einen metallenen, einen sogenannten Kanonenofen, es ist eigentlich gleichgültig, welche Form er hat, allein die Form einer kurzen Säule scheint so ziemlich die zweckmäßigste und vielleicht auch die eleganteste. Man macht diese Oefen aus Gußeisen, aus Eisen- oder aus Kupferblech. Das Letztere ist das zweckmäßigste, das erstere das gewöhnlichste und wohlfeilste.

Das Dampfrohr *a*, welches durch die Mauer in den Ofen tritt, läßt den Dampf einströmen, ein hinter dem Ofen angebrachter Hahn regulirt dieses. Oben bei *d* tritt eine zweite Röhre, auch durch einen Hahn verschließbar, aus dem Ofen entweder in das Freie oder es ist eine Fortsetzung des Dampfrohres, von dem in diesem Falle der Ofen nichts als eine erweiterte Stelle ist.

Sobald der kochende Dampf bei *a* einströmt, schlägt er sich in Menge an den Wänden nieder, und dadurch eben erwärmt er diese. Aber durch das Erwärmen der Wände verliert er seine Wärme, und aus dem Dampf wird Wasser. Dieser sammelt sich im Innern des Ofens und es könnte eine Zeit kommen, wo es höher stände, als die Dampfröhre *a*; deßhalb ist an dem untersten Theile des schüsselförmig vertieften Cylinders, der den eigentlichen Ofen bildet, ein Hahn *b* angebracht, aus welchem man dies Wasser ablassen kann. Ist der Ofen aus Kupferblech getrieben, so ist dieses heiße Wasser, das reinste, was man erhalten kann, zu allen Zwecken verwendbar. Ist er von Eisen, so wird es durch Eisenoxyd verunreinigt, und dann natürlich zum Waschen und zu Speisen nicht brauchbar sein.

Aus der Röhre *d* geht vor allen Dingen die erhitzte Luft des Ofens, später entweichen daraus auch die überflüssigen Dämpfe, denn sobald sie den Ofen bis auf 100 Grad C. erhitzt haben, dienen sie ferner nicht mehr

Digitized by Google

ferner hierzu, gehen alſo unverbraucht hindurch und könnten unbedenklich vor dem Eintritt abgeſchnitten werden, wenn es ſich nicht darum handelte, den Ofen mit der hohen Temperatur zu erhalten, die er einmal hat, dieſes mithin einen ſtarken Erſatz für den Abgang forderte. Nach Maßgabe alſo der Abgabe der Ofenwärme an das Zimmer, muß der Dampf wieder Wärme an den Ofen abgeben, dennoch iſt dieſes ſo wenig, daß neun Zehntheile des Dampfes aus dem oberen Rohre entweichen.

Iſt die Heizung in dieſes Stadium getreten, ſo wird alle noch in dem Ofen befindliche Luft durch den entweichenden Dampf fortgeriſſen und der Ofen wird luftleer, daher darf man, beſonders wenn derſelbe von Blech iſt, das obere Rohr nicht ſchließen, wie man das untere ſchließt, um nicht mehr Dampf eintreten zu laſſen, denn ſobald der Ofen kalt geworden, alſo aller Dampf, der bisher dem Druck der Atmoſphäre Widerſtand geleiſtet hat, niedergeſchlagen iſt, ſo wirkt die Luft nun mit ihrem ganzen Druck auf das Blech und quetſcht dieſes zuſammen. Bei einem Ofen von Gußeiſen geſchieht dies zwar in der Regel nicht, doch wird er undicht oder eine ſchadhafte Stelle wird eingedrückt. Dieſem kann man ſehr gut entgehen dadurch, daß die obere Röhre offen bleibt, der innere Raum iſt dann immer mit der Atmoſphäre in Verbindung und, ſobald der Ofen ſich abkühlt, kann die erforderliche Luft ungehindert in ihn eindringen.

Was über dem Kochgefäß mit einer Röhre und einem Ofen gemacht werden kann, das kann ſelbſtverſtändlich bei verhältnißmäßiger Größe des Keſſels und hinlänglicher Weite der Röhren, mit zehn und zwanzig Oefen gemacht werden. Will man kein warmes Waſſer in dem Ofen haben, ſo wird die Conſtruction eigentlich noch einfacher, man führt die Röhre *a* alsdann nicht ein paar Zoll über den Boden des Ofens, ſondern in der ſchüſſelförmigen Vertiefung deſſelben ein und giebt bei der Röhrenlegung wohl Acht, daß von dem Keſſel bis zum Ofen die Röhre in ununterbrochener Steigung bleibe, nirgends horizontal, viel weniger einmal niederwärts laufe — da würde ſich dann Waſſer ſammeln und das Rohr verſchließen, ſowie das Rohr aber ununterbrochen ſteigt, ſo fließt der niedergeſchlagene Dampf als Waſſer auf der ununterbrochen geneigten inneren Fläche der Röhre wieder bis in den Keſſel zurück.

Haben die Oefen jedoch die oben angegebene Form, ſo ſammelt ſich das Waſſer in ihrem Innern an und dieſes geht dem Keſſel verloren, daher muß in dieſem Falle dafür geſorgt werden, daß alle Tage für das entwichene verkochte Waſſer neues in den Keſſel gefüllt werde.

Digitized by Google

Wärmeverluſt.

So weit die Röhren durch Mauern oder über Hausflächen laufen, alſo an Orten, wo es nicht darauf ankommt, daß ſie ihre Hitze abgeben, muß man ſie in ſchlechte Leiter einhüllen, dazu wählt man gewöhnlich Werg, dieſes iſt jedoch nicht ſo gut als Gerberwolle oder Kälberhaare, die Arbeit iſt nur etwas mühſamer als das Bewickeln mit Werg, man muß ſich die nöthige Anzahl ellenlanger Säcke von Leinwand, oben und unten offen, verſchaffen und dieſe, wie die Arbeit fortſchreitet, über die freiliegende Stelle der Röhren ziehen, den Raum zwiſchen dem Sack und der Röhre aber mit Haar oder Wolle ausſtopfen, doch ſo, daß rundum eine gleiche Maſſe davon liegt; ſind nach dem Ausſtopfen auch die einzelnen Säcke an einander geheftet, ſo kann man das Ganze anſtreichen, oder was noch beſſer ſein wird, mit einer Blechhülſe umgeben, die zugleich dazu dienen kann, den Ueberzug vor muthwilliger Beſchädigung zu ſchützen und die Röhrenleitung an der Wand zu befeſtigen. Da, wo die Röhren durch Mauern gehen, bedarf es eines Sackes natürlich nicht, wohl aber einer deſto ſorgfältigeren und dickeren Anſtopfung mit Wolle. Vernachläſſigt man dieſe Vorſicht, ſo geht eine unglaubliche Menge Wärme verloren.

Ein Berliner Fabrikbeſitzer, welcher eine tüchtige Dampfmaſchine beſaß, wollte ein ſchönes, elegant gearbeitetes Modell derſelben an einem Schaufenſter aufſtellen. Es zog dieſes viele Leute an und mancher derſelben warf, nach Betrachtung der ſchönen Maſchine, auch ſeine Blicke auf die Fabrikate, welche ſie bereiten half. Der Fabrikherr klagte dem Verfaſſer den bedeutenden Dampfverluſt, den er erleide, indem die Maſchine, höchſtens von einer halben Pferdekraft, ihm ſo viel koſte als ſeine große Maſchine von 12 Pferdekraft. Der Verfaſſer beſtritt die Möglichkeit, es müſſe denn eine ganz ungewöhnlich lange Röhrenleitung für den Dampf nöthig ſein. Das iſt es ja eben, erwiederte der Fabrikant, mein Dampfkeſſel liegt beinahe 100 Schritte von dieſem Schaufenſter; und ſoweit alſo läuft der Dampf und wird dann natürlich abgekühlt (d. h. es wird zehnmal mehr Dampf niedergeſchlagen an den Wänden der Röhre, als zur Betreibung der kleinen Maſchine erforderlich, damit die Röhre ſo ſtark erhitzt wird, um unabgekühlten Dampf in den Cylinder der Maſchine gelangen zu laſſen).

Der Verf. ſah ſich die Anlage an und konnte ſich nun allerdings den Dampfverluſt erklären; das Rohr war von Kupfer (dem beſten Wärmeleiter unter den Metallen), und war längs des Gewölbes eines Kellers, dann aber im Hofe längs der Plinte des ganzen Hintergebäudes, nahe an der Erde fortgeführt. Es wurde nun dem Fabrikherrn der Rath ertheilt, eine

Digitized by Google

eiserne Röhre anzuwenden, sie womöglich durchweg im Keller zu leiten, sie einige Zoll weit von der Decke entfernt durch Haken zu halten und endlich sie zolldick mit einer Fütterung zu umgeben. Der Rath wurde befolgt und der Dampfverlust verringerte sich so sehr, daß es kaum zu bemerken war, ob die kleine Maschine im Betriebe sei oder nicht.

Verminderung der Wärme.

So wie wir in den vorigen Abtheilungen die Mittel zur Erregung der Wärme, die Quellen der Wärme betrachtet haben, so wollen wir hier, als dem schicklichsten Platze, da gerade vom eigentlichen Feuer die Rede gewesen, die Mittel betrachten, Wärme zu vermindern oder zu unterdrücken.

Am einfachsten wird dies wohl dadurch geschehen, daß man dem Feuer die entgegengesetzten Bedingungen bietet, also wenn Zuführung von atmosphärischer Luft und Entfernung von Wasser wesentliche Bedingungen für das Brennen sind, so werden wahrscheinlich Entziehung der Luft und Zuführung von Wasser die Haupterfordnisse der Unterdrückung sein. Wenn man Wärme irgendwohin leiten wollte, so müßte man dies durch gute Wärmeleiter bewerkstelligen, wenn man Hitze absperren will, wird man dies also durch schlechte Wärmeleiter zu bewerkstelligen suchen. Häufig aber lassen sich diese einfachen, ganz der Theorie gemäßen Forderungen nicht erfüllen. Wer kann ein brennendes Haus mit Drahtgaze bewickeln, damit, wie bei der Davy'schen Sicherheits- oder Grubenlampe, die Flamme nicht aus dem Drahtgewebe dringe und das Nachbarhaus anzünde — wer kann von einem brennenden Stadttheil die mit Sturmeseile zuströmende Luft abhalten, oder wer kann statt des Sauerstoffes der Flamme Stickstoff oder Kohlensäure zuführen.

Im verschlossenen Raume ist vieles möglich, was im offenen gar nicht thunlich. Wenn man in ein Bierglas ein Lichtstümpfchen setzt, es anzündet, dann aber aus einem anderen Bierglase, welches Kohlensäure in Luftgestalt enthält, diese dergestalt ausgießt, daß sie, die schwerer ist als atmosphärische Luft, in das erste Bierglas fließt, so wird sofort das Licht erlöschen; hat man in einem ähnlichen Gefäße glühende Kohlen, brennenden Schwefel, ja brennenden Phosphor, und gießt man Kohlensäure in dasselbe, so verlöscht Schwefel und Phosphor und die Kohlen werden schwarz. Wer kann dies im Großen anwenden? Ehe man den hunderttausendsten Theil der erforderlichen Kohlensäure bereitet hätte, wäre eine ganze Stadt abgebrannt und Gasleitungen aus der Hundsgrotte bei Neapel, um uns von dort Kohlensäure in großer Menge zuzuführen, sind noch nicht angelegt.

Digitized by Google

Abſchneiden des Luftzutrittes.

Wenn durch die Unvorſichtigkeit des Ofenheizers ein Haufen Holz im Stalle in Brand kömmt, und der Kutſcher leert ein Paar Säcke mit Häckſel darüber aus, ſo erliſcht, obgleich das Stroh eine ſehr brennbare Subſtanz, doch das Feuer, weil die dicht aufeinander liegenden dünnen Blättchen des Häckerlinges den Luftzutritt verwehren, wenn aber der Stall ſelbſt brennt, wird der Häckſel wohl nicht viel helfen.

In Holland iſt es üblich, wenn der Rauchfang im Innern brennt, wenn der Glanzruß Feuer gefangen hat, auf dem Heerde ein paar Pfund Schwefelfaden locker aufzuhäufen und anzuzünden, die ſich in großer Menge entwickelnde ſchweflige Säure ſteigt mit dem Luftſtrom in den Rauchfang, und ſobald ſie in genügender Menge da iſt, erliſcht das Feuer ſofort. Wenn aber der Petrithurm in Hamburg brennt, ſo wird man wohl ſchwerlich genug Schwefelfaden finden, um ihn zu retten und dieſen Brand zu erſticken.

Wenn, was leider durch Unvorſichtigkeit nur zu oft geſchieht, die leichten lockern Kleider einer Dame in Brand gerathen, ſo könnte viel gräßliches Unglück vermieden werden, wenn ſie ſich auf die Erde legen, mit einer Decke, einem Teppich, wäre es nur ein Bettlaken, dicht einwickeln möchte, ſtatt deſſen laufen die Unglücklichen beſinnungslos umher, geben dem Feuer durch das Laufen erſt recht Nahrung und ſterben des entſetzlichſten, qualvollſten Todes, wo ein gewöhnlicher Mantel ſie hätte retten, ihnen ſogar möglicher Weiſe jede Verwundung, jedes Brandmal erſparen können. Ein gräßliches Beiſpiel ſolcher Art kam vor Kurzem auf dem Theater in Braunſchweig vor, hätte die junge Dame ſich von dem Maſchiniſten umarmen laſſen, ſtatt ihm für ſeine Impertinenz eine Ohrfeige zu geben, ſo wäre ſie nicht geſtorben, der Mann wußte wohl, daß er ſie mit ſeinem Mantel umhüllen und das Feuer erſticken konnte. Allein wie ſicher dies alles im Kleinen, ſo wenig anwendbar iſt es doch im Großen. Da iſt das einzige und das ſicherſte Feuerlöſchmittel immer das Waſſer, und in der Regel (außer in ſtrengen Wintern) iſt es auch überall in genügender Menge zu haben.

Die löſchende Kraft des Waſſers beruht vorzugsweiſe auf der Abkühlung, darum es auch das Feuer nicht löſcht, ſondern ſogar vermehrt, wenn es nicht in hinlänglicher Menge vorhanden iſt.

Zwar ſagen einige Profeſſoren der Phyſik, das letztere ſei unmöglich, denn ein verbrannter Körper könne nicht noch einmal verbrennen, aber ein Phyſiker wird dies gewiß nicht ſagen — die Oxyde alle ſind verbrannte Körper, Verbindungen irgend eines einfachen Körpers mit Sauerſtoff — deßhalb ſollte alſo Queckſilberoxyd das Feuer nicht annehmen, weil es ein

Digitized by Google

bereits verbrannter Stoff ist? Es entwickelt sich durch starke Erhitzung aus dem rothen Queckſilberoxyd Sauerſtoff und Queckſilberdampf, der Letztere wird durch die heiße Luft fortgeriſſen, der erſtere ernährt, verſtärkt das Feuer, in welchem er entwickelt wird.

Löſchmittel.

Gerade ſo iſt es mit unzähligen anderen Subſtanzen. Waſſer iſt oxydirter Waſſerſtoff — allerdings ein verbrannter Körper — es giebt aber ſehr viele Mittel, dieſen verbrannten Körper wieder zu zerſetzen in ſeine Beſtandtheile, von dieſen unterhält nicht nur der eine die Flamme, (oder vielmehr iſt er eine unerläßliche Bedingung des Verbrennens), ſondern der andere iſt ſelbſt brennbar, das Waſſerſtoffgas. Wenn nun Waſſer in einem für das Feuer zu ſchwachen Strahl hinein kommt, ſo wird es zuerſt in Dampf aufgelöſt, dieſer Dampf aber in Waſſerſtoff und Sauerſtoff zerſetzt, wovon der erſtere verbrennt, der andere die Kohle verbrennen hilft.

Daher werden recht große Feuersbrünſte auch nicht mehr mit Waſſer, ſondern mit Kanonenkugeln gelöſcht, wie der furchtbare Brand in Hamburg, oder durch Niederreißen der dem Feuer zunächſt ſtehenden Häuſer, wie bei dem Braude von Hof im bairiſchen Voigtlande, darum hat man endlich auch Zuſätze von anderen deckenden Subſtanzen (Thon oder Kalkmilch) vorgeſchlagen, damit dadurch, wenn nicht durch das Waſſer der brennende Balken abgekühlt, ſo durch den Thon oder die Kreide bedeckt und von dem Sauerſtoff abgeſchnitten werde.

Iſt aber Waſſer in genügender Menge vorhanden, ſo löſcht es lediglich durch Abkühlung. Das Holz braucht um zu brennen 500 Grade, das Waſſer um in Dampf verwandelt zu werden 450 — mit den übrigen 50 Graden kann das Holz nicht brennen, kann nicht einmal eine gut ausgebrannte Kohle entzündet werden, alſo erliſcht das Feuer.

Um Waſſer in ſehr großer Menge dem Feuer zuzuführen, thut man wohl es in Ledereimern „durch der Hände lange Ketten“ gehen zu laſſen, es wird dadurch mehr bewirkt, als durch die Feuerſpritze, wiewohl unzweifelhaft dieſe ſelbſt ein hochwichtiges Feuerlöſchinſtrument iſt, da in hundert Fällen man mit Feuereimern gar nicht zu der Quelle des Brandes gelangen kann, nur iſt von der Spritze mehr als von anderen Mitteln ein Zerſtäuben des Waſſers und daher eine Möglichmachung der Zerſetzung zu befürchten, und dieſes iſt ſehr nachtheilig, denn die Benetzung muß erfolgen und ſie muß dauernd ſein, ein brennender Balken, bei welchem die Verkohlung ſchon

Digitized by Google

tief gedrungen ist, fordert den fünften Theil seines Gewichtes Wasser, um gelöscht zu werden.

Würde man das Wasser in fester Gestalt anwenden können, so würde es noch bei Weitem mehr wirken, denn allein um flüssig zu werden, bedarf es mehr als 75° Wärme, zu den oben gedachten 450 kommen also noch diese, so wie diejenige Anzahl von Wärmegraden, welche erforderlich ist, um das niedriger temperirte Eis bis auf 0° zu erheben.

Es wäre nun wohl kaum möglich, Eisstücke statt Eimer voll Wasser in das brennende Haus zu befördern. Theoretisch ist jedoch die Sache ganz richtig und im Kleinen ausgeführt bewerkstelligt man dadurch dasjenige, was man künstliche Kälte nennt, denn die Erzeugung einer solchen beruht, wie wir in dem II. Bande gesehen haben, vorzugsweise auf Entziehung der Wärme in der Umgebung.

Dampfapparate.

Die wichtigste Anwendung, welche die Technik von der Wärme macht, ist die Verwandlung des Aggregatzustandes durch dieselbe. Die Natur bietet uns nur ein Beispiel davon, wenigstens nur eines, das allgemein gekannt ist, und die Aufmerksamkeit jedes denkenden Menschen erregen muß, das ist die Verwandlung des Eises in Wasser, und des Wassers in Dampf und umgekehrt.

Allerdings verwandelt sie auch Quecksilber in ein hämmerbares Metall, allerdings macht sie auch feste Körper ausdünsten, dies aber entzieht sich unseren Blicken, so daß es sorgfältig angestellter Versuche bedarf, um es darzuthun, nicht so mit dem Wasser, hier drängt sich der Einfluß der Wärme Jedermann auf.

Die Wärme, welche hierzu erfordert wird, ist so mäßig, daß die täglich wechselnden Temperaturen genügen. Auffallender muß es schon sein, wenn man heiße Quellen der Erde entströmen sieht, welche Rauch und Dampf ausstoßen, und im Großen das geben, was im Kleinen der Mensch durch Feuer und einen Kessel hervorbringt, und wichtig, der Betrachtung werth ist es darum, weil es das am allgemeinsten verbreitete Element betrifft.

Es wäre wohl nicht zu verwundern, wenn das Bestreben des Menschen dahin gegangen wäre, diese Kraft, die Verwandlung der festen Körper in flüssige, der flüssigen in gasförmige — in seine Gewalt zu bekommen, aber wahrscheinlich ist es nicht auf diese Weise gegangen und der Zufall hat wie immer seine Hand im Spiele gehabt.

Digitized by Google

Aelteſte Idee der Dampfmaſchine.

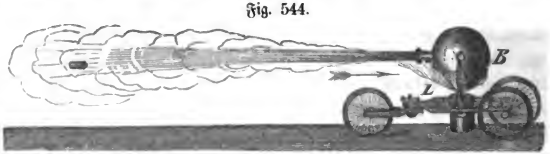
Die älteſten Spuren vom Gebrauch des Feuers zum Kochen und Schmelzen verlieren ſich vollſtändig in die Zeit der Fabel, hiſtoriſch iſt, daß in den Kaiſerbädern in Rom mit Dampf geheizt und darin gebadet wurde, und daß Hero von Alexandrien noch weiter ging, daß er nämlich den Dampf zur Bewegung eines Inſtruments benutzte, es war dies die erſte rückwirkende Maſchine, die erſte Turbine, aber nicht wie dieſe durch Waſſer, ſondern durch Dampf getrieben.

Der alte griechiſche Gelehrte beſchreibt nämlich einen Dampfapparat in folgender Art. Eine kupferne Kugel iſt auf einer horizontalen Axe drehbar. An dem Aequator dieſer Kugel ſind an zwei entgegengeſetzten Punkten zwei Röhren (wie an der Seger'ſchen Maſchine nach entgegengeſetzter Seite gerichtet), eingeſchraubt. Irgendwie wird Dampf in Menge und von einiger Spannung erzeugt und durch die Axe in die Kugel geführt; ſobald dieſes geſchieht, muß der Dampf aus den beiden Röhren entweichen und da dieſes nach entgegengeſetzten Richtungen geſchieht, ſo wirkt der Dampf in gleichem Sinne drehend auf die Kugel.

Ob dieſes ein erdachtes oder ein ausgeführtes Inſtrument iſt, weiß man nicht, allein in einer Schrift des Hero befindet dieſe Vorrichtung ſich eben ſo beſchrieben wie der nach ihm genannte Heronsball. Jetzt macht man dergleichen bewegliche durch Dampf wirkende Maſchinen, ſo daß man die Kugel auf eine vertikale Axe ſtellt, die aber nicht hohl iſt, die Arme, zwei oder vier, an dem horizontal liegenden Aequator anbringt und nun unter die Mitte der Kugel eine ſtarke Spirituslampe ſetzt. Iſt in der Kugel Waſſer, ſo kommt dieſes bald zum Kochen, die Dämpfe entweichen mit großem Geräuſch und treiben die Kugel rückwärts mit ſo großer Lebhaftigkeit um, daß man allenfalls einen Schnurlauf mit derſelben verbinden und ein Modell irgend einer Maſchine in Bewegung ſetzen kann. Wird ſtatt des Waſſers Weingeiſt in die Kugel gegoſſen, ſo kann man den Dampf beim Ausſtrömen anzünden, was ein ganz hübſches Schauſpiel giebt.

Welch' eine bedeutende Gewalt der Dampf rückwirkend ausübt, zeigt ein Apparat, der unter Figur 544 abgebildet iſt. *B* iſt eine Bombe oder

Fig. 544.



Digitized by Google

eine auf ähnliche Art eingerichtete aber viel dünnere Kugel von Messing, Kupfer oder sonst einem zähen Metall. Sie steht auf einem Wagen so befestigt, daß die Oeffnung, in welche der Zünder kommen würde, wenn es eine wirkliche Bombe wäre, horizontal liegt. Der Wagen *L* hat drei Räder, zwei in derjenigen Richtung, in welcher die Kugel fortrollen wird, eines (beweglich) in derjenigen Richtung, in welcher der Dampfstrahl ausströmt. Dies eine Rad ist das Steuer und es ist durch eine Schraube *L* mehr oder minder schräg zu stellen, falls man keine grade Bahn von hinreichender Länge für das Experiment haben sollte. Z. B. in einem Saal wird man das Rad so stellen müssen, daß dadurch der Wagen einen mäßigen Kreis beschreibt.

Unter der Mitte der Kugel steht eine kräftige Spirituslampe, und es ist gut, wenn zwischen den beiden Rädern auf der Axe ein halb runder Schirm von Blech steht, hoch genug, um sowohl die Kugel gegen Abkühlung durch die Luft, als hauptsächlich die Lampe gegen das Ausblasen durch den Zug zu schützen.

Man bringt nun möglichst heißes Wasser in die Bombe, legt einen Stöpsel vor und schlägt denselben fest. Darauf giebt man dem einzelnen Rade die erforderliche, durch Versuche ermittelte Richtung, und nun bringt man die Lampe zur Wirkung. Sehr bald wird das Wasser in Kochen kommen, die in der erhitzten Kugel sich immer stärker häufenden Dämpfe treiben endlich den Stöpsel aus, ein gewaltiger Dampfstrahl entweicht und in der Richtung *B*, dem Strahle entgegengesetzt, beginnt der Wagen zu laufen und hört, so lange er eine Bahn hat, nicht früher auf als bis Feuer oder Verdampfungsmaterial zu Ende sind.

Die Wirkung ist nicht unbedeutend, man hat sogar mit Glück versucht, eine Locomotive auf diese Art in Thätigkeit zu setzen, allein der Qualm würde keinen Wagenzug hinter der Locomotive dulden und der Dampf würde sich am nächsten Wagen stoßen, somit die Maschine sich gar nicht bewegen — man müßte also den Wagenzug nicht ziehen, sondern schieben lassen, man müßte denselben vor die Locomotive bringen, was man für gefährlich hält — demnächst ist wohl Kraft da, doch nicht in solcher Art genügend, wie man sie zu einem ordentlichen Bahnschub (so müßte es heißen statt Bahnzug) brauchte.

Die Saverysche Maschine.

Diese Apparate kann man wohl so wenig Dampfmaschinen nennen als die von Caus angegebenen, auf welche die Franzosen ihr Erfindungsrecht

Digitized by Google

an die Dampfmaschine gründen und welcher nichts anderes als ein Heronsball ist. Die erste, wenn schon höchst unvollkommene Maschine, ist die von Papin nicht nur angegebene, sondern auch ausgeführte, wie sich aus dieses Gelehrten Correspondenz mit Leibnitz ergiebt. Bis zur Entdeckung dieser durch Mr. Figuier in seiner Geschichte der wichtigsten wissenschaftlichen Entdeckungen mitgetheilten und außer Zweifel gesetzten Thatsachen hielt man Savery, einen Engländischen Offizier, für den Erfinder. Die von ihm angegebene Maschine konnte man als eine glückliche Lösung des Räthsels ansehen, wie man durch möglichst viel Dampf möglichst wenig Effect erzielen könne, sie ist in Fig. 545 abgebildet.

Fig. 545.

Man sieht hier zwei sehr starke Kessel neben einander und in Verbindung durch ein großes Rohr, von starkem Feuer im Kochen erhalten. Die Kessel stehen unfern des Brunnens, aus welchem Wasser gehoben werden soll. Aus diesem Brunnen (Schacht) führt eine Röhre herauf, welche sich nahe an der Oberfläche in zwei Arme theilt, sich dort zu den Cylindern V und V' erweitert und dann durch die Röhre T und T' mit dem Kessel in Verbindung steht. Das kochende Wasser in Dampfform dringt in den einen Cylinder V, vertreibt daraus die Luft, und wenn nun der Hahn, welcher zu dem Wasser im Brunnen führt, geöffnet, der Dampfhahn aber geschlossen wird, so kann das Wasser in den luftleeren Raum dringen und denselben anfüllen, soviel als der Cylinder fassen kann, es hat dann seine Stelle um 24 bis 30 Fuß in der Höhe verändert. Man kann nun einen Seitenhahn öffnen und das gehobene Wasser ausströmen lassen, und während dies geschieht, das eben angegebene Verfahren mit dem anderen Cylinder wiederholen, wodurch man abwechselnd bald den Cylinder V, bald den V' voll Dampf und voll Wasser hat, und also etwas erreicht ist. Bekanntlich steigt das Wasser in dem luftleeren Raum aus den bereits entwickelten Ursachen nicht höher als zu 32 Fuß, es kann aber wohl sein, daß es höher gebracht werden soll — dazu dient die Aufsatzröhre A.

So wie sich die Röhre, welche aus dem Schacht kommt, in zwei Arme theilt, um zu den Cylindern zu gelangen, so vereinigt sie sich auch wieder oberhalb dieser Stelle zu einem gemeinschaftlichen Rohr, und das Zu- und

Digitized by Google

Abströmen des Wassers wird durch zwei Ventile *s* und *r* geregelt, so daß durch das Ventil *s* in der Nähe des Brunnens wohl Wasser in die Cylinder dringen, auf demselben Wege aber keines entweichen kann, wohl ist dies durch das Ventil *r* nach dem Rohre *a* hin möglich, allein dies konnte höchstens bis so weit gehen als die Cylinder *V* oder *V'* mit Wasser gefüllt sind.

Nun aber will man das Wasser hinauf heben, so übt man auf die Oberfläche desselben im Cylinder einen starken Druck aus, dann steigt es in dem einen Rohre höher als es im anderen (im Cylinder) steht, zu diesem Druck verwendet Savery den Dampf, allein dieser findet in dem Cylinder kaltes Wasser, dieses kehrt sich an den Willen des Dampfes gar nicht — es sagt, was sollen wir uns da abarbeiten gegen unsere Natur, wir wollen hier beisammen bleiben — das Wasser nimmt den Dampf auf in seinen Schooß und erwärmt sich damit. Nun kommt aber der eigensinnige Mensch und sagt, wollte der Dampf das Wasser nicht austreiben, so werde ich durch das Feuer beide, Dampf und Wasser austreiben. Er schürt die Gluth unter den Kesseln, mächtige Dampfmassen steigen auf, das sie verschluckende Wasser wird siedend heiß, kann nun keinen Dampf mehr aufnehmen, dieser bekommt Spannung, und durch diese Spannung stößt er das Wasser aus dem Cylinder vermöge des Ventils, nun geht es in die Röhre *A* hinauf. Der Cylinder ist jetzt leer von Wasser, mit Dampf gefüllt und sehr heiß — man muß ihn jetzt von dem Kessel abschneiden und dem andern Cylinder *V'* Dampf zuführen, dies geschieht durch einen Hebel *c*, welcher rechts oben abgesondert angegeben ist. *o* und *o'* sind die beiden Mündungen der Röhre *T* und *T'*, welche mit dem Kessel und den Cylindern verbunden sind. *C''* ist der Hebel, welcher bei einer Drehung von links nach rechts die Ventilklappe, welche jetzt bei *o* ist, von da fort nach *o'* schiebt.

Der mit Dampf erfüllte Cylinder erhält nunmehr keine Nahrung, er wird kalt, wie dies geschieht, schlägt sich der Dampf an den Wänden nieder und in dem luftleeren Raum steigt das Wasser von dem Brunnen her. Die Abkühlung des Cylinders wird durch den Hahn *c* bewirkt, welcher, wie man es verlangt, kaltes Wasser auf den einen oder auf den andern Cylinder — welcher eben abgekühlt werden soll — strömen läßt.

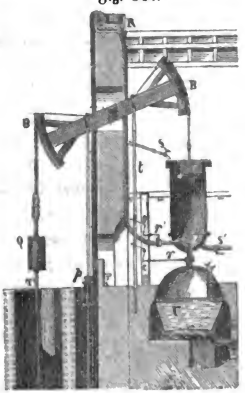
Man sieht wohl, welche ungeheure Menge Dampf verschluckt wird, um Wasser und Cylinder so zu erhitzen, daß endlich die darüber stehenden Dämpfe hebend wirken können — die Menge, welche durch das Wasser aus dem Hahn *C'* niedergeschlagen wird, wäre jedesmal genug zur Erreichung des Effectes — alles Andere, welches verschlungen wird, geht nutzlos verloren.

Digitized by Google

Cowley's und Newcomen's Maſchinen.

Savery verband ſich mit einem Brunnenmacher Cowley und einem Mechaniker Newcomen und dieſe conſtruirten die erſte Dampfmaſchine nach Papins Prinzip mit einem beweglichen Kolben, da die Kraftäußerung der vorigen doch zu unbedeutend war. Figur 546 zeigt dieſelbe, wie ſie zuerſt lediglich zum Waſſerſchöpfen durch gewöhnliche Pumpen angewendet wurde. Der eingemauerte Keſſel *c* trägt oben auf ſeiner Wölbung den Cylinder, in welchem ein Stempel, hängend an dem Arme eines Balanciers *B B*, auf- und abgehen kann. Aus dem Keſſel ſteigt der Dampf empor, erhitzt den Cylinder im Einſtrömen und hebt endlich den Stempel auf, welcher erleichtert wird durch ein am entgegengeſetzten Arme des Balanciers befindliches Gewicht *Q*.

Fig. 546.



Sobald durch den einſtrömenden Dampf gehoben, der Stempel *p* hoch genug gekommen iſt, wird der Hahn *r* geſchloſſen und ſomit die Verbindung zwiſchen dem Cylinder und dem Keſſel aufgehoben. Man könnte nun abwarten bis der Cylinder kalt würde, dann würde von ſelbſt der Stempel durch die auf ihm laſtende atmoſphäriſche Luft getrieben, in den Cylinder eindringen, und nach Maßgabe ſeiner Fläche durch die Kette und Stange *B Q T* ein dem Luftdruck entſprechendes Gewicht Waſſer heben können, allein das würde zu lange währen, deßhalb läßt man aus einem Waſſergefäß *R* durch die Röhre, welche längs des Ständers, der den Balancier trägt, hinab geht, unter Oeffnung des Hahns *r* Waſſer in den Cylinder ſpritzen, in ſolcher Menge, daß dadurch der Dampf niedergeſchlagen und raſch ein luftleerer Raum gebildet wird.

Nun könnte der Dampf ſogleich wieder zu wirken beginnen, wenn nicht das Niederſchlagwaſſer in dem Cylinder wäre — daher iſt der Hahn *s'* auf der anderen Seite des Cylinders. Sobald der Kolben durch den Druck der Luft niederſinkt und bis auf den Waſſerſtand kommt, wird dieſer geöffnet, gleichzeitig der Dampfhahn *r*, das Waſſer wird aus dem Rohre *s'* vertrieben, und wenn aus dieſem Waſſer und Dampf ſtrömt, wird er ge-

Digitized by Google

schlossen und nun der Dampf wieder auf Erwärmung des Cylinders und Erhebung des Kölbens verwendet.

Hier ist schon Ungeheures gewonnen, und diese sogenannte atmosphärische Maschine war lange die einzige Art, welche man kannte, sie ist noch merkwürdig durch das Genie eines Knaben Humphrey Potter, welcher angestellt war, um die Hähne rechtzeitig auf- und zuzudrehen, aber diese Arbeit höchst langweilig, das Spielen mit seinen Kameraden auf der Straße viel unterhaltender fand und deßhalb darauf sann, das Oeffnen und Schließen der Maschine selbst zu übertragen, und so die Steuerung (Selbststeuerung) erfand. Er befestigte nämlich an dem Balancier Stöcke und Schnüre *t*, vermöge deren der eine Hahn im Augenblick des Aufsteigens, der andere im Augenblick des Absteigens geöffnet, gleichzeitig der andere aber geschlossen wurde, so daß sich die Sache ganz von selbst machte, die Maschine ohne Aufsicht ging, und nichts weiter nöthig war als das Feuer zu unterhalten.

Natürlich machte die selbstthätige Maschine großes Aufsehen — die unvollkommenen Versuche des Knaben wurden durch den Mechaniker Beighton verbessert, verändert, und nach und nach in die Steuerung verwandelt, welche wir jetzt an allen Dampfmaschinen kennen.

Watts Verbesserung der Maschine.

Ist bei dieser Maschine ein bedeutender Fortschritt schon nicht zu verkennen, so hat sie doch noch einen großen Mangel in dem Condensiren des Wassers innerhalb des Dampfcylinders, wodurch dieser der wesentlichsten Eigenschaft für die fernere Wirkung beraubt wird, der Wärme nämlich, nur durch Erkaltung kann der Dampf niedergeschlagen und unwirksam werden, so daß die Atmosphäre drückend wirken kann, und nur nach vorhergegangener Erhitzung des Cylinders kann der Dampf die nöthige Spannkraft erhalten, um den Stempel wieder zu heben.

Dieser Uebelstand brachte James Watt auf den Gedanken, die Verdichtung der Dämpfe außerhalb des Cylinders vorzunehmen, und so führte er denn statt des Wasserrohres *r R* aufwärts, ein leeres Rohr abwärts in ein Gefäß, größer als der Cylinder, in welches ein starker, reichlicher Wasserstrahl getrieben werden konnte. Wenn nun der Cylinder mit Dampf gefüllt und der Stempel gehoben war, so ward erstens die Verbindung mit dem Kessel abgesperrt, dann aber die mit dem Wassergefäß geöffnet. Dahin strömte der Dampf und wurde sofort niedergeschlagen, je schneller dies geschah, desto rascher eilte anderer aus dem Cylinder nach, der Stempel sank

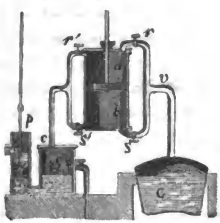
Digitized by Google

und auf der anderen Seite wurde die Arbeit vollführt, welche man dem Balancier aufgetragen hatte.

Watt aber war mit dieser sehr bedeutenden Verbesserung noch nicht zufrieden, indem er sagte — heben kann ich den Stempel wohl mit jeder Kraft, welche mir der Dampf bietet, aber senken nicht — da muß ich die Arbeit der Luft übergeben, und diese übt nur einen ganz bestimmten Druck. Warum sollte sich der Dampf nicht auf beiden Seiten des Stempels innerhalb des Cylinders anwenden lassen?

Diesem Gedanken hat man die doppelt wirkende Dampfmaschine zuzuschreiben, welche in ihrem Prinzip und in ihrer einfachsten Form unter Fig. 547 dargestellt ist, *C* ist der Kessel, aus welchem das Rohr *v* die Dämpfe zu dem Cylinder führt. Dieser ist oben wie unten geschlossen, aber in dem Deckel ist für die Stempelstange ein Loch gelassen, welches vermöge einer Stopfbüchse diese luftdicht zu bewegen gestattet. Die Röhre *v* theilt sich in zwei Arme, von denen der eine *v s* unter dem Stempel, der andere *v r* über dem Stempel durch den Deckel führt. Bei *r* und *s* sind Hähne, welche bald den einen bald den anderen Weg öffnen oder schließen, je nachdem es erforderlich.

Fig. 547.



Auf der anderen Seite gehen ähnliche Röhren von *r'* und *s'* nach einer gemeinschaftlichen Röhre, welche bei *c* in demjenigen Raum mündet, in welchem die Dämpfe niedergeschlagen werden sollen, in dem Condensator, welcher seinerseits durch die Pumpe *p* sowohl von dem warm gewordenen Wasser als von Luft entleert wird, indeß allemal nach einem Kolbenhub aus dem seitwärts angebrachten Hahn frisches Wasser zu dem ausgetriebenen Dampfe strömt und denselben niederschlägt.

Indessen nun unter dem Kolben nach *b* durch das geöffnete Ventil *s* Dampf aus dem Kessel steigt, entweicht durch das geöffnete Rohr *r'* der Dampf aus dem Raum *a*, und der Kolben wird gehoben. Ist derselbe bis an den Deckel gelangt, so schließt sich der Hahn *s* und der Hahn *r'*, dagegen öffnet sich *r* und *s'*, der Dampf strömt nunmehr über dem Kolben ein, es wird nicht mehr der Druck der Luft benutzt, sondern es wird auch von derjenigen Seite, von welcher bisher nur Luft durch ihre Elasticität wirkte, Dampf eingeführt und die verbrauchte geht unter dem Kolben hinweg in den Condensator.

Digitized by Google

Vortheile dieser Veränderungen.

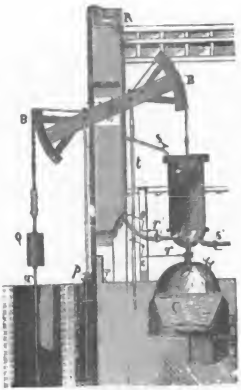
Hiermit ist Außerordentliches gewonnen — man kann das Spiel so oft wiederholen als man will, und kann es steigern so hoch als die Sicherheit der Arbeiter es irgend gestattet, und Alles geschieht mit einer Präcision die außerordentlich ist. Die Luftpumpe *p* nämlich entfernt durch ihre Wirksamkeit aus dem Condensator immerfort sowohl das erwärmte Wasser als die aus dem Wasser sich entwickelnde Luft, die Dämpfe des Cylinders finden also, von welcher Seite sie auch kommen mögen, in dem Condensator immer einen luftleeren Raum, in welchen sie sich augenblicklich stürzen, so wie der eine oder der andere Hahn geöffnet wird. Hierdurch entstände allerdings nur eine Vertheilung des den Cylinder erfüllenden Dampfes auf die zwei Räume, den Cylinder und den Condensator, allein der in den Letzteren eindringende Dampf wird augenblicklich niedergeschlagen durch das eingespritzte Wasser, hierdurch wird nun wieder ein luftleerer Raum erzeugt, oder vielmehr der luftleer gewesene Raum wird so erhalten, und dadurch wird der Theil der Dämpfe, welcher in dem Cylinder zurückblieb, zur neuen Vertheilung veranlaßt — hierdurch wird der Widerstand, den der vorhandene Dampf dem oben einströmenden entgegensetzt, bedeutend vermindert, und der nach *a* einströmende Dampf des Kessels wirkt auf den Stempel als ob unten ein luftleerer, wenigstens ein höchst luftverdünnter Raum wäre, denn so wie er herabsinkt und dadurch die Dichtigkeit des Dampfes in *b*, und sein Widerstand gegen den Dampf in *a* erhöhet werden könnte, entweicht derselbe; er wird verdichtet, hört also auf Dampf zu sein.

Das Wasser des Condensators wird übrigens durch die Aufnahme des Dampfes ungemein erhitzt und kann daher, namentlich im Winter, sehr zweckmäßig angewendet werden, um die Räume, in welche die Hitze der Dampfmaschine nicht dringt, zu erwärmen, gewöhnlich läßt man es übrigens ungebraucht fortfließen, da es immer durch ölige Theile verunreinigt, also zu technischen Zwecken nicht verwendbar ist.

Mit dieser Veränderung an den Dampfmaschinen tritt ihre ganze Wichtigkeit, ihre ganze ungeheure Macht erst auf, alles Frühere war Spielerei im Vergleich mit dem, was jetzt der Dampfmaschine zugemuthet werden konnte. Allein um sie vollkommen brauchbar zu machen, mußte man noch eine Vorrichtung ersinnen, welche, so lange als man den Dampf nur von einer Seite einströmen ließ, nicht nöthig war. Versinnlichen wir uns die zweite Saverysche Dampfmaschine nochmals, so sehen wir, daß dem Dampf nur zugemuthet wird, den Stempel in soweit zu heben als nöthig, damit

Digitized by Google

Fig. 548.



das Gewicht Q seine rückführende Kraft ausüben könne, der Dampf soll nichts leisten, als der drückenden Luft, welche die eigentliche Kraft übt, auf einige Zeit diese Kraft zu nehmen; wodurch der Kolben nun in gerader Linie gehalten wird, ob durch ein Seil, eine Kette oder eine Stange, ist ganz gleichgültig, man wählt daher das Bequemste, die Kette, man läßt den Balancier an seinen beiden Enden in Kreisbogen enden BB, über deren äußere Rundung eine Kette läuft, die der Bewegung nachkommen kann, welche der Balancier macht. Wäre der Balken ohne solch eine Rundung, so würde sein Ende, wenn er horizontal liegt, über den Cylinder hinaus stehen, wenn er schräg liegt, zu kurz werden, indem er bei der Bewegung einen Bogen beschreibt, den die daran gehängte Kette oder Stange mitmachen muß, diesem wird abgeholfen durch den Bogen, über welchem die Kette liegt, in jeder Stellung des Balanciers kann man jetzt eine horizontale Linie von seinem Unterstützungspunkte nach dem Angriffspunkte für die Wirksamkeit des Balanciers ziehen, die immer gleich lang mit allen anderen dahinzuziehenden ist, in welcher Stellung er sich befinde. Da nun an dem Balancier blos gezogen wird, einmal durch den Druck der Luft abwärts in den Cylinder hinein, ein andermal nach, durch den Dampf aufgehobenem Druck vermöge des Gewichtes Q nach dem Schacht T hinab, so können die Kolbenenden sich bequem auf- und abwickeln, nichts stört den Verlauf.

Doppelt wirkende Maschine.

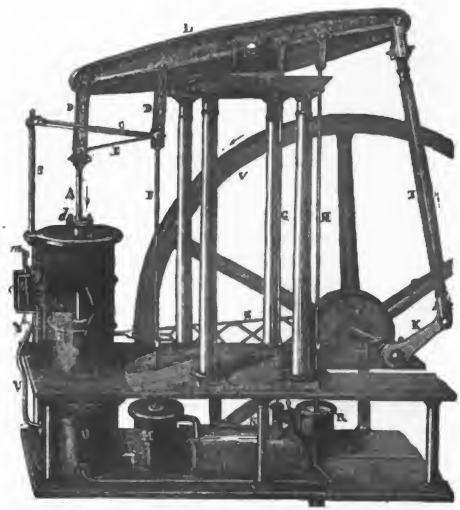
Jetzt will man aber etwas Anderes, der Stempel soll nicht blos durch den Druck der Luft und des Dampfes *fallen*, wobei die Einrichtung mit der Zugkette genügte, er soll auch von unten gegen den Druck der Luft *gehoben* werden und auf den Balancier stoßen, von unten aufwärts drücken. Ziehen kann eine Kette wohl, aber stoßen, zurückwirken, kann sie nicht, dies muß eine Stange sein. Soll also der aufwärtsgetriebene Stempel auf den Balancier wirken, so muß es durch eine Stange geschehen.

Diesen Effekt hat Watt hervorzubringen gewußt durch eine Maschinerie

Digitized by Google

am Balancier, welche man das Watt'sche Parallelogramm nennt. Indem der Balancier um einen Punkt in seiner Mitte sich bewegt, stellt er ihm gegenüber ein Gestänge, welches die genau entgegengesetzte Bewegung macht, solchergestalt, daß wenn der Balancier mit seinem Ende eine convexe Curve beschreibt, die Linie, welche die Hülfsstange macht (und die natürlich auch convex ist), in Beziehung auf den Balancier concav wird. Wenn nun aber zwei Krümmungen)(so stehen, daß sie mit den Endpunkten zusammentreffen (), die eine aber bei der Bewegung genau soviel vorwärts schreitet als die andere rückwärts, dergestalt, daß sie in der Mitte so zusammentreffen)(, so entsteht aus dieser gedoppelten Bewegung dadurch, daß eine immer die Bewegung der anderen compensirt, eine gerade Linie. Dies ist es, was das Watt'sche Parallelogramm bewerkstelligt, und zwar auf folgende, scheinbar höchst einfache Art, welche doch von einem großen Ingenium zeugt.

Fig. 549.



Wir sehen hier eine vollständige Dampfmaschine vor uns, deren nähere Betrachtung vorbehalten bleiben muß, und welche uns in diesem Augenblick nur das Parallelogramm zeigen soll. Der Balancier *L* soll durch den

Digitized by Google

Stempel p und die daran befindliche Stange A bald hinabgezogen, bald hinaufgestoßen werden.

Das Watt'sche Parallelogramm.

Wäre die Stange A oberhalb D an den Balancier befestigt durch ein Gelenk, so würde dies Auf- und Absteigen gar nicht möglich sein, erstens fände eine gewaltige Reibung in der Stopfbüchse d statt, welche einen bedeutenden Theil der Kraft verzehren würde, zweitens aber wäre die Stopfbüchse sehr bald ruinirt, erweitert, ausgerieben, sie würde nicht mehr dampfdicht schließen, und damit hörte zugleich die doppelte Wirkung auf, statt auf den Stempel zu drücken, würde der Dampf aus der Stopfbüchse, welche nicht mehr stopft, entweichen.

Deßhalb ist die Stempelstange A nicht unmittelbar, sondern durch ein Zwischenglied D an dem Balancier befestigt, dadurch kann der Stempel mit weniger Bewegung rechts und links seinen Weg machen, das Stück D ist es, welches diese Seitenbewegung ausführt.

Diese Bewegung muß aber geregelt werden, deßhalb wird ein zweites Stück D, ganz gleich dem ersten und mit demselben parallel, weiter nach der Mitte des Balanciers, auch beweglich angebracht und in paralleler Lage durch die Stange E erhalten. Diese, das Stück DED mit dem dazwischen befindlichen Theil des Balanciers ist das Watt'sche Parallelogramm. Will man nun haben, daß die beiden Punkte von D und D, an welchen die Stange E und die Stempelstange A befestigt sind, beim Auf- und Absteigen des Balanciers stets in einer geraden Linie laufen, so giebt man durch die Stange C ihnen eine Führung, welche diese Punkte unaufhörlich von der Neigung, einen Kreisbogen zu beschreiben, durch einen umgekehrten Kreisbogen ablenkt. Diese Stange C ist an einer andern B, die jedoch so stark sein muß, daß sie nicht nachgiebt, durch ein Gelenk befestigt. Die Stange C an B befestigt, macht im Aufsteigen einen Bogen, welcher für unsere Ansicht der Klammer) entspricht, der Balancier und die an ihm hängenden Stücke machen Bogen, welche so (aussehen, diese beiden Bogen heben sich auf und aus den vereinigten, so entgegengesetzt gehenden Punkten, werden Verbindungen, welche gerade auf- und abgehen.

Hiermit ist nun vollständig für den regelmäßigen Gang der Maschine gesorgt und der Zerstörung vorgebaut. Die Wirkung des Parallelogramms ist so vortrefflich, daß man bis jetzt sie noch für alle Maschinen mit Balanciers anwendet und keine bessere Einrichtung erdacht hat. Allerdings giebt es überhaupt andere Maschinen, bei denen diese Einrichtung nicht nöthig ist,

Digitized by Google

diese beruhen aber auch auf einem ganz anderen Prinzip, auf dem der direkten Einwirkung des Stempels auf ein Schwungrad, ohne das Zwischenglied des Balanciers.

Die vollendete Dampfmaschine.

Gehen wir nun zu der Betrachtung der S. 355 gezeichneten Dampfmaschine über, so sehen wir hier zuvörderst den Hauptgegenstand links auf unserem Bilde, den Dampfcylinder, welcher an der einen Seite durchbrochen erscheint, um den Weg des Stempels und die jetzt gewöhnliche Art der Ladung und Entladung durch die Dämpfe zu zeigen. Die eine Seite des Cylinders ist verstärkt durch einen viereckigen Kasten, welcher hohl ist und in der Mitte der Höhe des Cylinders sich zwiefach öffnet. Ein Kasten von Eisen *m c y* ist luftdicht an dieser Mündung befestigt, doch so, daß er auf und ab geschoben werden kann. Diese Verschiebung besorgt ein Winkelhebel, in der Art gemacht wie die an den Klingelzügen befindlichen eckigen Stücke, vermöge deren man einen vertikalen Zug in einen horizontalen verwandeln kann, hier wird umgekehrt ein horizontaler Zug, von *y* durch *z* nach *k* gerichtet, in einen vertikalen von *m* nach *y* gerichtet, verwandelt.

Innerhalb des Kastens befindet sich eine Scheidewand *b*, welche an den Gängen, die zum Cylinder führen, vorbei geht und abwechselnd einen oder den anderen Gang schließt. Immer ist dabei der Kasten *e*, welchen man das Ventil, und um die Art desselben näher zu bezeichnen, das Schieberventil nennt (die Franzosen geben dieser Art den Namen: „Schubladenventil"), so gelegen oder gestellt, daß sein ganzes Innere nur mit einem der beiden Rohre, welche den Dampf zum Cylinder führen sollen, in Verbindung ist, indessen durch eben dieselbe Stellung oder Verschiebung das anderen Rohr mit der Oeffnung *a* in Verbindung tritt, welche die Dämpfe aus der anderen Seite des Cylinders hinwegführen.

Steigen nun die Dämpfe abwärts unter den Stempel *p*, so wird dieser in die Höhe geschoben und das Ventil gestattet, daß die Dämpfe aus dem oberen Theile durch das Rohr in der dickeren Stelle unter der Stange *p* durch das Loch *a b* abfließen, rückt dagegen das ganze Schieberventil aufwärts (was geschehen wird, sobald der Stempel oben angelangt ist), so verschließt sich dadurch der untere sichtbare Verbindungsraum des Rohres mit dem Cylinder, statt dessen öffnet sich oben ein eben solcher Raum, so daß der in das Ventil dringende Dampf nunmehr über den Stempel gelangt, gleichzeitig wird aber durch eben diese Verschiebung die Verbindung zwischen

Digitized by Google

dem oberen Dampfraum und dem Abzugsrohr unterbrochen, dagegen die zwischen diesem Rohr und dem unteren Dampfraum hergestellt.

Die Dämpfe strömen ununterbrochen aus dem Kessel in das Ventil. Verbindungsrohr und Kessel sind hier nicht angegeben, weil sie nach der Lokalität in jeder Fabrik verschieden sind, der Kessel befindet sich jetzt immer in einem von der Maschine ganz abgesonderten Raume.

Durch das Rohr *U* geht der Dampf in den unter dem Cylinder stehenden Condensator *O*, aus welchem die Luft und das warme Wasser unaufhörlich durch die Pumpe *M* entfernt und in das Reservoir *n* ergossen wird, woraus wieder durch das Rohr *s* ein Theil zu dem Kessel zurückgeführt wird, um denselben immer zu speisen, dagegen die Pumpe *r* immer wieder frisches Wasser in den Condensator ergießt, durch ein Rohr, welches die Zeichnung deutlich angiebt, und welches hoch genug reicht, um nicht in das warme Wasser des Condensators, sondern oberhalb desselben in den luftleeren Raum sich zu ergießen, welches übrigens unter einem so starken Druck und durch einen durchlöcherten Trichter geschieht, so daß das kalte Wasser als Sprühregen in den Condensator kommt, und sich so, fein vertheilt, mit dem Dampfe verbindet.

Was hier an Pumpen u. s. w. zu sehen ist, steht gewöhnlich unter dem Boden, auf welchem der Arbeiter, der Aufseher, der Maschinist wandelt, dies ist die Fläche, auf der hier der Cylinder steht, auf dem die vier mächtigen Säulen stehen, die den Balancier tragen, auf der die Axe des Schwungrades ruht, dessen ganze Hälfte gleichfalls unter dem Boden ist, indessen die andere hier sichtbare Hälfte über demselben läuft.

Umwandlung der Bewegung.

Wenn nun der Stempel *p* mit der Stange *A* abwärts geht, wie der neben derselben gezeichnete Pfeil andeutet, der Balancier also hier niedergezogen wird, so hebt sich sein entgegengesetztes Ende und die mächtige Lenkstange *T* hat die Richtung aufwärts. Diese Stange bewegt den Krummzapfen *k* und mittelst dessen die Axe des Schwungrades, wodurch denn endlich das Schwungrad selbst *V*, gleichfalls in der Richtung des Pfeiles gedreht wird.

Bei den verschiedenen Pumpen wird die Bewegung eben so durch Stangen, die an dem Balancier befestigt sind, hervorgebracht. Da wo eine Seitenbewegung schädlich werden könnte, wie bei der mächtigsten der Pumpen, die das warme Wasser und die Luft aus dem Condensator fortzuschaffen hat, geschieht dies noch in Verbindung der Stange *F* mit dem Watt'schen

Digitized by Google

Parallelogramm, bei den anderen, bei denen die Bewegung viel geringer ist, wie bei den Pumpen *Q* und *R*, geschieht es durch die Stangen *G* und *H*, welche sehr viel näher an der Axe des Balanciers angebracht, nächstdem in einer gewissen Art gegliedert sind, so daß sie etwas nachgeben können und den an sich geringen Fehler ausgleichen.

Es ist begreiflich, daß der Zweck des ganzen, mehrere Hunderte bis viele Tausende von Thalern kostende Apparates, den man hier vor sich hat, nicht der sein kann, zum Vergnügen der Zuschauer ein großes Rad *V* umzudrehen — es wird durch die Maschine eine Arbeit verrichtet werden sollen, diese Arbeit wird von dem Schwungrade, vermöge einer Riemscheibe, auf diejenigen Stücke übertragen, welche bewegt werden sollen — den Ventilator einer Maschinenfabrik, die Drehbänke, die Bohrmaschine einer solchen, die riesigen Schleifsteine einer Gewehrfabrik, die Spindeln einer Tuchfabrik ꝛc.

Diese Riemscheibe befindet sich in der Nähe der Axe an dem großen Schwungrade und ist durch die dunklere Schraffirung kenntlich. Wenn die Gewalt, welche ausgeübt werden soll, sehr groß ist, so befindet sich an derselben Stelle auch wohl statt der Riemscheibe ein Zahnrad, welches in ein anderes eingreift, wo es aber möglich, sucht man durch einen Riemen aus Leder oder aus Gutta Percha die gewünschte Uebertragung der Kraft von der Dampfmaschine auf die anderen zu bewegenden Gegenstände zu bewerkstelligen.

Selbststeuerung.

An eben dieser Axe befindet sich auch die Stange, welche die Steuerung besorgt, d. h. das Verschieben des Ventils. Mit *Z* ist eine Doppelstange, welche bei dem Dampfcylinder einfach anfängt, bezeichnet, sie geht von dem Cylinder bis zu der Axe des Schwungrades immer weiter auseinander, ist, damit sie sich nicht verbiegen kann, durch ein Gitter gespreizt und endet bei der Axe in einem hohlen Kreise, welcher über ein ihn ganz ausfüllendes Rad läuft. Dieses auf der Hauptaxe steckende Rad ist aber nicht im Mittelpunkte durchbohrt, sondern seitwärts, es dreht sich also nicht mit dem Rade *V* concentrisch, sondern excentrisch, und hiervon hat es auch seinen Namen, das excentrische Rad, oder kurzweg das Excentrik.

Dasselbe ist auf unserer Figur mit *e* bezeichnet, und es hat die Wirkung, daß es mit einer unwiderstehlichen Gewalt und einem doch verhältnißmäßig geringen Kraftaufwande die gegitterte Stange *Z* **verschiebt**, d. h. nicht wie z. B. die Kolbenstange *I* im Kreise herumführt, sondern

Digitized by Google

mit nur geringer Abweichung von der horizontalen Richtung hin- und zurückführt.

Mit dieser gegitterten Stange ist der Winkel *y* an der anderen Seite des Cylinders verbunden, und bei der Stellung, welche das excentrische Rad auf der Zeichnung einnimmt, ist die Stange so weit wie möglich zurückgezogen und das Schubladen-Ventil steht also unten; wenn nun das Schwungrad sich um die Hälfte seines Umfanges gedreht hat, so steht der weitere Theil des excentrischen Rades an der Seite des Cylinders, dies heißt, der das Rad umgebende Kreis nimmt eine Stellung ein, vermöge deren die gegitterte Stange *Z* gegen den Cylinder geschoben wird, wodurch *y* gehoben und dadurch der Ventilkasten emporgerückt wird.

So dient das Excentrik hier zu der nothwendigen Verschiebung des Ventils, wie es an anderen Punkten zur Hebung eines Pumpenstempels an noch anderen Stellen zur Ausübung eines gewaltigen Druckes angewendet wird, immer mit einem unwiderstehlichen Erfolge.

Es ist begreiflich, daß die Einrichtung solcher Dampfmaschine, auch wenn sie im Prinzip genau der vorliegenden Zeichnung entspricht, doch nach den Umständen, der Ortsgelegenheit und den Ansichten des Erbauers sehr verschieden ausfallen wird, so z. B. wird man häufig statt der Säulen, welche den Balancier tragen, ein Gestelle wahrnehmen, welches ungefähr wie die gegitterte Stange *Z* eingerichtet, unten, wo es in dem eisernen Boden der Maschine fußt, breit, nach oben hin schmaler wird, und so bei gleicher Tragekraft von oben nach unten, doch mehr Widerstand bei einer Verschiebung von vorne nach hinten leistet, oder man wird nur einen solchen Ständer haben und das andere Ende der Axe des Balanciers auf die Mauer legen, an welcher die Maschine steht — dies alles verändert aber an dem Prinzip selbst nicht das Mindeste.

Ebenso ist es mit der Befestigung der Leitstange *c* durch die feststehende Stütze *B*. Diese zeigt unsere Figur zu schwach — man hat Dampfmaschinen, bei denen dieser Modus befolgt ist, doch kann man keineswegs sagen, das sei der beste. Die Stange *C* soll *D* leiten, muß sich daher an *B* unverrückbar stützen, wenn *B* selbst aber eine Stange von mehreren Fuß Länge ist, an deren oberen Ende der Stützpunkt befindlich, so ist diese Stütze wenigstens keine sichere und unverrückbare, und man thut besser einen anderen, mehr Gewißheit des Widerstandes gewährenden, zu wählen, z. B. in einer starken Mauer selbst. Aber in welcher Art für diese Befestigung gesorgt sei, gut oder schlecht, in dem Prinzip der Dampfmaschine wird auch hier nichts geändert.

Digitized by Google

Hochdruckmaschinen.

Wir haben nun aber noch die Dampfmaschine von hohem Druck zu betrachten, d. h. eine solche, bei welcher nicht mehr die Atmosphäre oder ein dieser gleicher Druck wirkt, sondern ein höherer angewendet wird, solche Apparate nennt man Hochdruckmaschinen, und sie bieten so ganz außerordentliche Vortheile dar, daß sie nach und nach die Niederdruckmaschinen beinahe verdrängt haben, sie leisten viel mehr als die anderen, sie verlangen einen sehr viel kleineren Raum, sie kosten bei gleicher Kraft nur ein Viertheil der anderen.

Das Wichtigste bei diesen Hochdruckmaschinen ist der viel stärkere Kessel. Das Wasser innerhalb desselben soll erst bei 160 Grad statt bei 100 Grad kochen, d. h. man will eine Maschine von einem fünffachen Druck haben. Dies ist nach dem jetzigen Stande der Maschinenbaukunst durchaus nichts Ungewöhnliches, und es ist, was Cylinder und Pumpen, und Röhren, Ventile ꝛc. betrifft, auch der Ausführung solcher Maschine gar nichts im Wege, aber der Kessel muß auch solche Spannung aushalten, ja er soll eine höhere ertragen, denn seine Dämpfe sollen die Kraft von fünf Atmosphären ausüben, nachdem sie vielleicht durch mehrere klafterlange Röhren gegangen, nachdem sie den Cylinder bis auf die eigene Temperatur erhitzt, denn nur unter dieser Bedingung können sie bestehen, und da von der Temperatur der Röhren ꝛc. immerfort abgegeben wird, so ist es mit dem einmaligen Erwärmen gar nicht geschehen, es muß ununterbrochen ein Nachschub stattfinden, es ist also eine noch höhere Temperatur der Dämpfe im Kessel, d. h. eine noch höhere Spannung nöthig und es ist diese schon enorm. Bei nur vier Atmosphären drücken auf jeden Quadratzoll des Kessels von Innen nach Außen 60 Pfund. Um den nöthigen Dampf für 20 Pferdekraft abzugeben, muß der Kessel einen Flächenraum von 200 Quadratfuß haben. Ist der Druck auf einen Quadratzoll 60 Pfund, so ist er auf den Quadratfuß 144mal so groß, d. h. 8640 Pfund, und bei einer Ausdehnung von 200 Quadratfuß erreicht dies den enormen Druck von einer Million und 728000 Pfund von innen nach außen.

Unterliegt es nun auch keinem Zweifel, daß ein Quadratzoll und ein Quadratfuß einen solchen Druck ertragen können, so wird die Sache doch sehr problematisch, wenn die Quadratfuße sich bis über die Hunderte hinaus vermehren — darum wendet man das allerbeste, zäheste Metall, geschmiedetes Eisen an, darum macht man den Umfang des Kessels so gering als möglich, und giebt ihm destomehr Länge, darum endlich nimmt man

Digitized by Google

Eisenplatten von einem Viertel Zoll Dicke zu diesen Kesseln, und trotz aller dieser Vorsichtsmaßregeln springen doch manchmal Kessel, weil die Thorheit der Arbeiter das Sicherheitsventil überlastet, so daß die in zu großer Menge angehäuften Dämpfe keinen Ausgang finden und ihre Kraft auf die Zertrümmerung der Maschine verwenden.

Gefährlichkeit des Sicherheitsventils.

Solch ein Sicherheitsventil ist übrigens ein besorglich Ding, und man ist nicht selten zweifelhaft geworden, ob denn ein solches überhaupt zweckmäßig sei.

Eine gewisse Menge von Dämpfen wird gebraucht. Damit diese immer in hinlänglicher Quantität vorhanden seien, muß mehr erzeugt werden, als gebraucht wird — dieses Mehr addirt sich immerfort und kann zuletzt gefährlich werden — ein Druckmesser ist zwar immer vorhanden, allein die Arbeiter sehen ihn nicht an — der Herr, welcher von Zeit zu Zeit kommt, ist zwar immer darauf aufmerksam, allein was gehts den Diener an!

Nun hat sich nach einigen Stunden unausgesetzter Thätigkeit immer mehr Dampf erzeugt, endlich hat er nicht mehr Platz, er stößt das Ventil auf. Dies ist ein hohler Trichter von einigen Zoll Durchmesser, von starkem Metall, in welchem ein massiver Trichter, ein Kegel, genau passend, eingeschliffen ist. Der Kegel liegt ganz lose darin, und kann also durch jede Kraft, die zur Hebung seines Gewichtes ausreicht, gelüftet werden. Dies will man aber nicht. Es soll das Ventil die Oeffnung so lange verschließen, als noch keine Gefahr vorhanden ist, erst wenn der Druck auf den Quadratzoll so groß wird, daß er nicht mehr steigen darf, wenn der Kessel nicht springen soll, erst dann soll das Ventil sich öffnen und die überflüssigen Dämpfe entweichen lassen. Deshalb belastet man das Ventil mit einem solchen Gewicht als zur Sicherung erforderlich erscheint. Man will vier Atmosphären haben, eine größere Spannung muß der Kessel immer ertragen können, der Maschinenbauer garantirt für acht Atmosphären, wir wollen das Mittlere zwischen Angabe des Erbauers und wirklichen Bedarf, wir wollen sechs Atmosphären nehmen, wir belasten also jeden Quadratzoll des Ventils mit 90 Pfund. Die Temperatur, unter welcher Wasser bei sechs Atmosphären kocht, ist schon sehr hoch, sie beträgt über 170 Grad *C.* Es geht alles gut bis zu diesem Punkte, das so mächtig gepreßte, unter dem Druck seines Dampfes stehende Wasser siedet ganz mäßig, allein es erhält diese Hitze, diese Spann. :q, der Dampf wirkt bis zur Oeffnung des Ventils. — Urplötzlich ist Alles anders. Die 170 Grad heiße Wassermasse steht nicht

Digitized by Google

mehr unter dem Drucke von sechs Atmosphären und sie verwandelt sich in ihrer ganzen Ausdehnung in Dampf. Das Ventil kann diese ungeheure Menge nicht durchlassen und der Kessel muß nachgeben, er platzt gerade durch dasjenige, was ihm Schutz und Sicherheit gewähren sollte.

Dieses ist der Schlüssel zu dem oft besprochenen Räthsel, woher es wohl kommen möge, daß die Kessel, wenn das Unglück eintritt, daß sie platzen, es meistentheils thun, nachdem sich bereits das Sicherheitsventil geöffnet hat. Es hat dies seinen Grund gerade in der auffallend verminderten Spannung, könnte man den Dampf auf solche Weise fortschaffen, daß sein Druck auf die Kesselwände aufhörte, der Druck auf die Wasserfläche aber bliebe, so wäre keine Gefahr vorhanden. Dies läßt sich nun freilich nicht erreichen, und so bleibt denn nichts übrig als sich mit diesem ungenügenden Mittel zu behelfen, so lange bis man ein besseres hätte.

Man hat die unangenehme Erfahrung gemacht, daß die Arbeiter, um ihrer Maschine mehr Leistung abzugewinnen als sie eigentlich hergeben soll, das Ventil stärker belasten als noch mit ihrer eigenen Sicherheit verträglich und ist daher auf andere Mittel verfallen, unter denen ein recht zweckmäßiges, die sogenannte Schmelzplatte ist, d. h. eine Tafel von angemessener Größe aus einem leichtschmelzbaren Metall. Eine Legirung aus Zinn, Blei und Wismuth, durch Rose, einen berühmten Chemiker des vorigen Jahrhunderts erfunden, und nach ihm das Rose'sche Metallgemisch genannt, ist so leicht flüssig, daß sie schon bei 75 Grad schmilzt, man wird natürlich diese Mischung nicht gerade wählen, allein man kann durch Veränderung der Verhältnisse solcher Legirung viel höhere Schmelzgrade geben, also bei Hochdruckmaschinen den Schmelzpunkt auf 120 — 150 — 200 Grad legen, so hoch man will.

Ist nun diese Temperatur und mit ihr die verlangte Spannung überschritten, so schmilzt plötzlich die ganze Platte, und der Dampf entweicht — hier hilft dem Arbeiter die Belastung mit Gewichten nichts, ist die Temperatur erreicht, so schmilzt die Platte, es möge darauf stehen was da wolle.

Leichtsinn der Arbeiter, Wahnsinn der Maschinisten.

Die Arbeiter aber sind nicht zufrieden damit, daß man an ihre Sicherheit denkt — sie im Gegentheil meinen — „ei, der Kessel wird ja nicht gleich platzen" — und wenn sie das Sicherheitsventil nicht blos belasten, mehr als erforderlich, sondern es wohl gar festschrauben, so daß seine Existenz wirklich illusorisch wird — was thun sie denn mit der Schmelzplatte — sie legen einen nassen Schwamm darauf, so daß sie nie eine höhere Tem-

Digitized by Google

peratur, als die des siedenden Wassers erhalten kann. Da ist denn allerdings nichts zu machen, die Leute wollen keine Sicherheit.

Was aber soll man sagen von den Dienern, wenn die Herren um Nichts besser sind. Auf den Flüssen von Nordamerika wird fast nur mit Dampfbooten gefahren — eine täglich wiederkehrende Erscheinung ist das Wettfahren auf denselben — die Schiffe mögen nun augenscheinlich schlecht oder zu schwach, oder sonst wie ungenügend sein — so wie ein Schiff von einem nachfolgenden eingeholt zu werden befürchtet, so setzt es seine ganze Kraft daran, dies zu verhindern, und das nachfolgende nicht weniger, es zu erreichen, bei solchen Gelegenheiten kommen Dinge vor, die man für Münchhausen'sche Lügen halten möchte, und die von Leuten ausgeführt werden, welche sonst passabel vernünftig sind. So ließ ein Capitain, um mehr Dampf zu gewinnen und seine Räder rascher zu treiben, einige Fässer Oel herbei bringen und immerfort eimerweise davon in die Kohlengluth gießen, um das Feuer zu vermehren, ein anderer ließ Salpeter schaufelweise hinein schütten, wodurch allein die Gefahr der furchtbarsten Explosion entstand, allein der Zweck wurde erreicht — die Hitze so enorm verstärkt, daß sein Schiff der Sieger blieb — ein anderer Capitain, welcher die Gewalt der Dämpfe schon so weit getrieben hatte, daß sie das Sicherheitsventil zu heben begannen, sagte — diese Freude soll er nicht haben, daß er mich überholt, weil ein Ventil Dampf läßt — und er setzte sich auf den Hebel des Sicherheitsventiles, der nun allerdings nicht gehoben wurde, wenigstens nicht früher als bis es sammt dem Capitain und allen seinen Passagieren in die Luft flog.

Dieses entsetzliche Schicksal haben auf den amerikanischen Flüssen im Durchschnitt jährlich 50 Schiffe, und dennoch theilt jeder Passagier mit dem Capitain die Ansicht, es sei *seine*, des Passagiers Ehre auf dem Spiele, wenn er anders handle — hat er nun sein Leben, sein und seines Schutzbefohlenen Hab und Gut und Leben auf das Spiel gesetzt, und ist er dann besiegt worden, so hat es das Schicksal gethan und er ist ganz zufrieden, allein ohne den Versuch würde er sich für blamirt halten.

Der Verfasser hat den Erbauern von Dampfmaschinen den Vorschlag gemacht, das Sicherheitsventil am Boden des Dampfkessels anzubringen, und zwar in Form von funfzig und mehr kleinen Schmelzplatten, welche Bohrlöcher von einem Quadratzoll Fläche ausfüllen. An diesen Stellen dürfte das Metall des Kessels dicker sein und die Füllungen von leicht schmelzbarem Metall, müssen durch Hämmern sehr wohl mit dem schraubenförmig eingeschnittenen Eisen verbunden sein. Bei einer gewissen Temperatur werden sie plötzlich und alle schmelzen, und der unabweisbare Er-

Digitized by Google

folg würde sein, daß vermöge des gewaltigen Druckes der Dämpfe, die von oben her drücken, das überheiße Wasser, der tödtliche Feind, den zu bekämpfen man vergebens versucht, vertrieben würde — statt daß sich also Dämpfe im Kessel entwickeln, würden sie sich im Feuerraum entwickeln, wo durch Rauchfang und Ofenthüren genug entweichen kann und es würde zugleich das Feuer ausgelöscht werden, was auch von größter Wichtigkeit wäre — allein obwohl Niemand die Wirksamkeit solcher Anordnung bestreiten konnte, hat doch Niemand sie auf irgend eine Weise angewendet.

Manometer mit offenen Schenkeln.

Welchen Druck der Dampf auf den Kessel ausübt, muß man wissen — es hängt von dieser Kenntniß die ganze Leitung des Maschinenbetriebes ab und eine gewisse Grenze, ein gewisser Druck darf nirgends überschritten werden. Um nun diesen Druck kennen zu lernen, bedient man sich des Manometers, einer langen Barometerröhre, heberförmig gebogen und auf etwa 6 Fuß in beiden Schenkeln mit Quecksilber gefüllt. In dem einen Schenkel mündet eine Röhre, welche aus dem Dampfkessel kommt, der Druck, welcher dort ausgeübt wird, setzt sich natürlich hier fort, die Spannung des Dampfes treibt das Quecksilber in dem Schenkel, in welchem das Dampfrohr mündet, nieder, in dem andern Schenkel aber in die Höhe. Der Unterschied des Niveaus in beiden Schenkeln, welcher durch eine Skala gemessen wird, giebt die Höhe des Quecksilbers in Zollen. Ist die heberförmig gebogene Glasröhre so lang, daß jeder Schenkel 6 Fuß mißt, und will man alle 6 Fuß mit Quecksilber füllen, so muß der zum Maßstab bestimmte Schenkel verdoppelt werden, in den 6füßigen strömt der Dampf, an dem 12füßigen mißt man den Stand des Quecksilbers über demselben im kürzeren Schenkel.

Dies ist das beste und sicherste Manometer, allein es hat die Unbequemlichkeit der großen Länge gegen sich — es ist auch für mehr als fünf Atmosphären kaum ausführbar, mit jeder Atmosphäre wächst seine Länge um 28 Zoll — und es ist wegen dieser Länge so sehr leicht zerbrechlich. Deshalb ist man von den gläsernen Manometern abgegangen, man macht dieselben von Eisen, und um die Länge nicht in Betracht ziehen zu dürfen, läßt man sie, an einer Mauer befestigt, in den Erdboden gehen. Solch ein Manometer hat entweder eine Länge von 12 Fuß und ist dann nur mit einem Rohr versehen, oder es hat 24 Fuß und ist heberförmig gebogen.

Das erste ist gewissermaßen ein Gefäßbarometer mit offener Röhre, um das Gefäß her ist ein kleiner, luftdichter und dampfdichter Kolben ge-

Digitized by Google

legt, in welchen der Dampf strömt. Dieser drückt auf die Quecksilberfläche in dem Gefäß, und das Quecksilber steigt in Folge dessen in dem eisernen Rohre in die Höhe. Da man aber diese Höhe nicht erkennen kann, so läßt man ein kleines, eisernes Gewicht, an einem Faden hängend, in die Röhre hinein, führt den Faden über eine Rolle und bringt daran ein etwas leichteres Gegengewicht an. Falls nun kein Quecksilber in der Röhre, so steht das Gewicht ganz unten, das Gegengewicht ganz oben, so wie Quecksilber hinein tritt, wird aber das eine Gewicht gehoben, in Folge dessen sinkt das andere, und zeigt bei 28 Zoll, daß der Dampf den Druck von einer Atmosphäre übe, bei 56 Zoll, daß nunmehr zwei Atmosphären Spannung da sind, und so geht es weiter, so lange die Röhre ausreicht.

Luftdruckmanometer.

Das heberförmige Manometer wird ziemlich auf dieselbe Art behandelt, nur daß dort, wo der Dampf in das Rohr eingeführt ist, kein Gefäß befindlich, sondern nur der Unterschied des Standes des Quecksilbers in beiden Röhren das Maaß giebt. Dies wird, wie an dem andern, durch Gewicht und Gegengewicht angezeigt.

Sehr viel kürzer kann das Manometer werden, wenn man die Zusammendrückbarkeit der Luft als elastischer Körper, und das Mariotte'sche Gesetz, nach welchem dies geschieht, zu Hülfe nimmt. Alsdann wird man ein Manometer von 6 Zoll Länge haben können. Man gestaltet dasselbe genau wie eine Barometerprobe für die Luftpumpe, nur mit dem Unterschiede, daß man in dem geschlossenen Schenkel Luft läßt. Eine Glasröhre von 1 Fuß Länge wird an einem Ende zugeschmolzen, in der Mitte *U*förmig zusammengebogen, und nun wird so weit Quecksilber hineingegossen, daß es in beiden Schenkeln gleich, aber nur etwa einen halben Zoll hoch steht.

Nach diesem Stande entwirft man eine Skala, man mißt die Hälfte des Luftraumes ab und schreibt dazu eine 1, auf $^2/_3$ der Länge von unten gemessen, schreibt man 2, auf $^3/_4$ Entfernung (immer der ganzen Länge der Luftsäule, nicht des nach der Theilung noch übrigen Stückes) schreibt man 3, bei $^4/_5$ schreibt man 4 u. s. w. Man füllt nun entweder die leeren Schenkel ziemlich mit Quecksilber an, welches zwar einen Fehler herbeiführt, der jedoch kaum der Beachtung werth ist und bei starkem Druck oder vielen Atmosphären gänzlich verschwindet — oder man hat an der Stelle der offenen Röhre, an welche das Niveau, der gleiche Quecksilberstand, in beide Röhren fallen wird, eine Kugel angeblasen (welche aber sehr stark im Glase bleiben muß, daher das erste Verfahren das bessere ist), diese Kugel ist nun

Digitized by Google

das Queckſilberreſervoir, und giebt das nöthige Material her, um die luftvolle Röhre nach und nach mit Queckſilber zu füllen. Das offene Ende der Röhre wird nun durch eine Meſſing- oder Kupferröhre mit dem Dampfraum des Keſſels in Verbindung gebracht, und gemeſſen wird der Druck nunmehr durch den Widerſtand der Luft in dem lufterfüllten Raume, iſt die Luft bis auf die Hälfte zuſammengedrückt, ſo iſt der Druck doppelt ſo groß als er zu Anfang war, die Luft ſteht nämlich unter ihrem eigenen Druck und unter dem des Dampfes, welcher einer Atmoſphäre gleich iſt, es müßte dort alſo eigentlich eine 2 ſtehen, denn dieſe eingeſchloſſene Luft ſteht thatſächlich unter dem Druck zweier Atmoſphären, da aber wirkſam von Seiten der Dampfmaſchine hierbei doch nur eine Atmoſphäre iſt, ſo iſt die 1 die richtige Zahl.

Daſſelbe Raiſonnement gilt für die anderen Stationen, bei einer Zuſammendrückung auf ein Drittheil der früheren Größe ſteht die Luft thatſächlich unter drei Atmoſphären Druck, weil aber hieran die Atmoſphäre ein Antheil von einem Drittel hat, die Dampfmaſchine aber von zwei Dritteln, ſo ſchreibt man an dieſe Stelle eine 2 ꝛc.

Man kann mit dieſem kleinen Manometer ziemlich weit reichen, allein es hat ſeine großen Mängel. Es wird nämlich die Luft im Innern zerſetzt, ihres Sauerſtoffes beraubt, ſie hat alſo nur noch vier Fünftheil ihres frühern Gehaltes. So lange beim Erkalten des ganzen Apparats das Manometer noch auf ſein urſprüngliches Niveau zurückkehrt, iſt eine ſolche Veränderung noch nicht geſchehen, meiſtens aber wird man dieſelbe, auch wenn ſie ganz vollendet, d. h. wenn der Sauerſtoff völlig abſorbirt iſt, nicht gewahr, da der Apparat nicht erkaltet. Es iſt nämlich höchſt unvortheilhaft, dies geſchehen zu laſſen, da, um eine Quantität Waſſer in's Kochen zu bringen, fünfmal ſoviel Brennmaterial verbraucht wird, als um dieſelbe kochend zu erhalten. So läßt man nach dem Aufhören der Arbeit wohl die hohe Spannung abnehmen, ſorgt jedoch durch Verſchließen aller Oeffnungen, durch welche Luft in den Feuerraum kommen könnte, dafür, daß die Abkühlung ſo gering wie möglich ſei, läßt das Kohlenfeuer auch nicht verlöſchen, ſondern langſam fortglimmen. So bleibt das Waſſer nahe am Siedepunkte, und wenn am nächſten Morgen die Arbeit wieder beginnt, bedarf es nur noch einer geringen Erhöhung der Temperatur, um die Maſchine wieder in Gang zu bringen. So erfährt man alſo nicht, ob beim Erkalten das Niveau weit genug herabſinkt, und das Abnehmen des Manometers von dem Keſſel iſt immer etwas Unſicheres.

Digitized by Google

Bourdons Manometer.

Wie bequem das kleine Instrument auch ist, und wie man die Verringerung der Luftmasse dadurch umgehen könnte, daß man gleich von Hause aus nur Stickstoff hinein brächte, statt der atmosphärischen Luft, so kann man sich desselben doch gar nicht bedienen bei Dampfmaschinen, welche bewegt werden, also bei Locomotiven, darum hat man andere Manometer erdacht, unter denen das von Bourdon erfundene sehr vorzüglich genannt werden darf. Dasselbe besteht aus einer Röhre von Messing, etwa von ¾ Zoll Durchmesser, durch einen Drahtzug gestreckt und gleich gemacht, dann aber auf eben diese Weise, nämlich durch einen Drahtzug mit viereckigen Löchern gebracht, bis der Durchschnitt ein Parallelogramm giebt, das ungefähr dreimal so lang als breit ist.

Diese bandförmige Röhre von 4 Fuß Länge wird nun behutsam zu einer Spirale von zwei Windungen und etwa 7 bis 8 Zoll Durchmesser gewickelt. Das eine Ende wird luftdicht verlöthet und mit einem 8 bis 10 Zoll langen Zeiger versehen. An das andere offen bleibende Ende wird ein sehr genau eingeschliffener Hahn gelöthet, der nun wieder durch eine Röhre mit dem Dampfkessel in Verbindung steht.

Der ganze Apparat, die Spirale sammt dem Zeiger ist auf einem Zifferblatt, einer Skala befestigt, doch so, daß nur der eine Punkt der Röhre, wo sie mit dem Hahn in Verbindung steht, an der Skala unverrückbar fest ist, die beiden Ringe sich aber, wie Temperatur oder Druck es erfordern, bewegen können. Durch eine Compressionspumpe, wie man sie zum Laden der Windbüchse braucht, wird Luft in die Spirale gedrückt und dabei bemerkt, um wieviel dieselbe sich aufrollt — es ist im Ganzen äußerst wenig und deßhalb kann man, vermöge des Zeigers die Bewegung vergrößernd, den Druck bis auf 50 und mehr Atmosphären verfolgen, Bourdon behauptet sogar 300 Atmosphären gemessen zu haben, eine colossale Compression, welche natürlich bei Dampfmaschinen niemals vorkommt, allein möglicher Weise bei der Flüssigmachung von Gasarten vorkommen kann. Kohlensäure fordert, um flüssig zu werden, 80 Atmosphären.

Dieser Manometer bedient man sich bei Locomotiven fast jederzeit und sie haben bis jetzt alle Prüfungen mit Glück bestanden.

Digitized by Google

Dampfschiffe.

Schon vor hunderten von Jahren soll die Idee, durch den Dampf Schiffe in Bewegung zu setzen, aufgetaucht sein, und dies wäre in der That kein Wunder gewesen, denn es trat genug des Merkwürdigen, des Auffallenden zusammen, um denkende Köpfe zur Anstrengung ihres Geistes zu veranlassen. Torricelli hatte das Barometer erfunden, Otto von Guerike hatte durch mit wahrem Forscherzeiste angestellte Versuche und durch die Erfindung der Luftpumpe bewiesen, daß die Luft einen ungeheuren, bis dahin gar nicht geahnten Druck ausübe — diese neue Thätigkeit, diese große und doch so lange gänzlich verborgen gewesene Kraft beschäftigte die Gelehrten jener Zeit, und man dachte darüber nach, aus dieser Entdeckung Vortheil zu ziehen.

Otto von Guerike hatte gezeigt, daß, wenn man einen gut passenden, geölten Stempel aus einem verschlossenen Cylinder herausziehe, er bis zu einer gewissen Höhe scheinbar von selbst wieder zurückkehre (wie umgekehrt, wenn man einen Stempel in das pneumatische Feuerzeug hineindrückt, dieser Stempel wieder zurückgestoßen wird, beides durch den Druck der Luft, einmal durch den der Atmosphäre in ihrer gewöhnlichen Spannung, das andere-mal durch Vermehrung ihrer Spannung und Elasticität), dies Experiment faßte Dionysius Papin, ein geborener Franzose, doch durch die Aufhebung des Edikts von Nantes vertrieben aus seinem Vaterlande, und um 1686 Professor der Mathematik zu Marburg — mit Glück auf und forschte auf diesem Wege weiter.

Er versuchte durch eine Windmühle oder eine Wassermühle zweistiefelige Luftpumpen in Bewegung zu setzen, und den erzeugten leeren Raum auf bedeutende Entfernungen durch Röhre fortzupflanzen, die er einerseits mit seinen Pumpen, andererseits mit einem hohlen Cylinder in Verbindung brachte, in welchem ein genau passender Stempel beweglich war; er nannte dies: „die Kunst die Kraft der Ströme in die Ferne tragen." Hier ist der Keim der atmosphärischen Eisenbahn — ob der Erfinder derselben, Vallace, an dieses Experiment gedacht hat, oder ob ihn überhaupt das Studium der Physik dahin geführt, wollen wir unerörtert lassen — allein thatsächlich hat vor beinahe 200 Jahren Papin an einem Orte eine Luftpumpe in Bewegung gesetzt, an einem anderen Orte einen luftleeren Raum geschaffen und durch diesen einen Stempel bewegt — das ist das Prinzip der atmosphärischen Eisenbahn.

Digitized by Google

Papin's Anſichten und Verſuche.

Später verſuchte Papin den luftleeren Raum durch Verbrennen von Schießpulver zu erzeugen, wodurch zuerſt der Stempel nach einer Richtung getrieben und nach dem Erkalten der erzeugten Gaſe, vermöge des Druckes der Luft, nach der anderen Richtung geſchoben werden ſollte — der Nutzeffekt war jedoch zu gering, weil die Menge der Gaſe viel größer war als Papin vermuthet hatte, daher ſie auch erkaltet einen zu großen Raum erfüllten, um der Luft eine Gegenwirkung zu geſtatten.

Jetzt kam er auf den Gedanken, durch Dampf einen luftleeren Raum zu erzeugen, und er brachte in den Cylinder, deſſen Boden geſchloſſen war, Waſſer, darauf den Stempel, und brachte er nun das Waſſer in dem Cylinder ſelbſt zum Kochen, ſo hob ſich der Stempel, und wenn Waſſer und Dampf erkaltete, ſo ging der Stempel durch den Druck der Luft wieder zurück. Dies konnte natürlich ſo oft wiederholt werden als man wollte, da kein Dampf entwich, alſo des Waſſers nicht weniger wurde. Wie unbequem dies auch ſein mochte, ſo ging doch Papin auf alle Einzelnheiten der Anwendung ſeines Apparates ein, zeigte, daß man dieſes Hin- und Hergehen des Stempels benutzen könne, um Waſſer aus dem Bergwerke zu heben, daß man die gradlinige Bewegung in eine rotirende verwandeln, dadurch aber kreisförmig ſich drehende Räder bewegen könne, daß man vermöge ſolcher ſogar im Stande ſei, Schiffe in Bewegung zu ſetzen und Anderes mehr.

Man hat lange geglaubt, daß Papin überhaupt nur Abhandlungen über dieſen Gegenſtand geliefert, oder höchſtens Experimente in ſehr kleinem Maßſtabe gemacht, allein aus einer Correſpondenz zwiſchen Papin und Leibnitz, welche Profeſſor Kuhlmann in Hannover an's Licht gezogen, geht hervor, daß Papin eine Maſchine erbaut habe, groß genug, um wirklich ein Boot durch Schaufelräder zu bewegen. Ja es ſcheint ſogar, daß der Verſuch in weiteren Kreiſen bekannt geworden, indem der Graf Sintzendorff, welcher große Bergwerke in Böhmen beſaß, von denen einige erſoffen waren, von Papin's Maſchine hörte, und denſelben aufforderte, dergleichen auf ſeinen Gütern zu erbauen, deßhalb Papin auch nach etwa zehnjährigem Aufenthalt in Marburg ſeinen Abſchied nahm und nach Böhmen ging.

Papin's Anrecht an der Priorität des Gedankens, Dampfſchiffe zu erbauen, iſt alſo unzweifelhaft — was aber dieſer Mann vor beinahe 200 Jahren, als es noch keine Dampfmaſchinen gab, einſah und bewerk-

Digitized by Google

stelligte, das sah ein so großer Geist wie Napoleon nicht ein, obschon er die Erfolge und die ungeheure Gewalt der mächtigsten Dampfmaschinen, die sich im Laufe von 100 Jahren nach ihrer ersten, wirkungsreichen Aufstellung bis zu einer seltenen Höhe entwickelt hatten, vor Augen sah. Ihm nämlich wurde die Erfindung, Schiffe ohne Hülfe des Windes, durch den Dampf zu bewegen, von dem Amerikaner Fulton — für ein mäßiges Geld angeboten — er erklärte die Sache für eine Chimäre, und jetzt giebt es ganze Flotten von Kriegsschiffen, von Transportschiffen, von Passagier- und Postschiffen, welche alle Meere durchkreuzen, und in neuester Zeit sind die größten Linienschiffe von 120 Kanonen in Frankreich gebaut und durch die archimedische Schnecke mittelst des Dampfes bewegt worden.

Die Erfindung, welche Napoleon von sich wies, wanderte nach Amerika, und von dort kamen die ersten Dampfschiffe über See zu uns. Sie hatten die Bauart, welche man gegen 30 Jahre befolgte, jetzt aber allgemein als unzweckmäßig verwirft, sie hatten Schaufelräder, die in der Mitte des Schiffes lagen, rechts und links unter einem breiten ungeschickten Bau verborgen, durch die Dampfmaschine gedreht wurden und das Schiff gleich breiten Rudern bewegten.

Schiffsmaschinen

Um dieses möglich zu machen, mußte die Dampfmaschine eine bedeutende Veränderung erleiden — entweder mußte man den Balancier ganz weglassen, oder man mußte ihm eine andere Stelle geben. Dies letztere geschah zuförderst, man lies die Säulen und alles, was damit zusammenhängt, hinweg, und verlegte den Balancier ganz nach unten hin, hierdurch ward ungemein an Raum gespart, noch besser aber ging es, als man den Balancier ganz wezließ und den Cylinder horizental legte. Auch das Schwungrad, welches durch seinen Moment über die todten Punkte, da wo weder Zug noch Schub durch den Dampf stattfinden kann, hinweg helfen muß, konnte weggelassen werden, indem die Schaufelräder und das bewegte Schiff selbst diese Arbeit des Schwungrades übernahm. Am zweckmäßigsten war aber eine eigene, bis dahin kaum geahnte Veränderung an der Dampfmaschine, man machte den Cylinder, der sonst immer fest stand, beweglich in Axen, er wurde oscillirend, er schwankte hin und her wie ein Pendel und besorgte dadurch zugleich die Auslösung und den Wechsel des Schieberventils.

Der Cylinder ist wie immer von Gußeisen, das Ventil befindet sich daran, die Zuführung des Dampfes findet durch die Axe o statt, die Ent-

Digitized by Google

Fig. 550.

fernung des Dampfes geschieht auf demselben Wege, durch die Axe, aber auf der entgegengesetzten Seite. Die Axen sind sehr dick, man sieht hier, daß sie ungefähr den sechsten Theil des Durchmessers des Cylinders haben, sie müssen so groß sein, damit der Dampf ungehindert ein- und ausströmen könne. Die Axen ruhen nicht in Lagern, sondern in kegelförmig ausgebohrten Löchern, in welchen die kegelförmig zugehenden Enden der Axen ganz genau passen, so daß kein Dampf, welcher immer diesen Weg durch die Axen nehmen muß, entweichen kann.

Da der Cylinder in seinem Schwerpunkt aufgehängt ist, so kann er frei und leicht, d. h. mit einem geringen Kraftaufwande hin- und herschwingen, dies wird nöthig, weil an der ungegliederten Stempelstange unmittelbar der Krummzapfen *m* der Hauptaxe befestigt ist, wodurch die Räder bewegt werden. Wenn *o* der Aufhängepunkt des Cylinders ist, so muß, damit der Arm *m* seine jetzige Stellung einnehmen könne, der Cylinder nach links geneigt sein, steht der Krummzapfen senkrecht oben oder unten, so steht auch der Cylinder senkrecht, kommt bei der Drehung der Krummzapfen in die punktirte Lage, so steht auch der Cylinder nach dieser Seite geneigt.

Die Veränderung des Ventils wird durch die Schrägstellung des Cylinders und durch das Excentrik *e* mittelst der Stange *n a* bewerkstelligt, daß die Stempelstange selbst gerade gehe, ist Aufgabe der sogenannten Coulissen *c c'*, zwischen denen sie läuft und an denen sie durch die Frictionsrollen *c* und *c'* eine ununterbrochene Leitung hat. Der neueren Mechanik ist es gelungen, auch diese noch entbehrlich zu machen, wodurch die Stempelstangen um beinahe die ganze Länge des Hubes verkürzt werden kann.

Hochdruckmaschinen mit Condensation.

Bei dieser wie bei jeder Hochdruckmaschine wird der entweichende Dampf nicht condensirt, man verliert zwar etwas an Kraft, gewinnt aber sehr an Vereinfachung der Maschine, denn es sind nicht mehr nöthig, erstens der Condensator, zweitens die Luftpumpe, drittens das Gefäß, wohinein das heiße Wasser kommt, bevor es abfließt, viertens die Speisepumpe des Condensators. — Allein auf dem Schiffe kann man, obschon alles das Genannte wirklich hinweggelassen wird, doch die Condensation anbringen,

Digitized by Google

welche immer eine Vermehrung der Kraft um eine ganze Atmosphäre, d. h. um den ganzen Effekt, welchen eine Niederdruckmaschine hat, vermehrt, man führt nämlich die Röhre, welche den Dampf aus dem Cylinder entläßt, in das Wasser hinein, auf welchem sich das Schiff bewegt. Hier sind alle Veranstaltungen zur Condensation vorhanden, es ist kaltes Wasser da, es wird das erwärmte immer fortgeführt, es kommt immer kaltes an die Stelle, man thäte also Unrecht, wenn man dieses nicht benutzte — sonst aber, auf dem Lande, läßt man den Dampf, der ausgedient hat, durch den Rauchfang fortgehen, und da er nicht nur eine bedeutende Spannung hat, wenn das ihn entlassende Rohr geöffnet wird, sondern er auch noch dazu durch den andringenden Kolben mit Vehemenz ausgestoßen wird, so dringt er mit großer Elasticität in den Rauchfang, durchstreicht ihn rasch und bewerkstelligt einen lebhaften Zug, wodurch dann wieder das Feuer lebhafter brennt. Allerdings ist dies nur bei eisernen Rauchfängen thunlich, gemauerte würden durch die sie durchdringende Nässe zu sehr leiden, wo also dergleichen bestehen, läßt man den Dampf aus einer Metallröhre direkt in die freie Luft strömen.

Mit einer oder der anderen von den hier angegebenen Maschinen wurden die Räder der Dampfschiffe in Bewegung gesetzt und sie leisteten schon Außerordentliches, man konnte in drei Wochen — bald sogar in 15 Tagen von Liverpool nach New-York gelangen, man benutzte sie auch auf Flüssen, wiewohl des großen Raumes wegen, den die Räder einnahmen, die Schiffe selbst ungeschickt schmal werden mußten, endlich aber kam man auf das Rechte.

Die Schraubenschiffe.

Ein Maschinenbauer Knfahl, in Berlin, baute ein Dampfschiff mit einer Schraube. Ganz am Ende des Schiffes, zwischen diesem und dem Steuerruder ward eine Schraube von einem Gange angebracht, deren horizontal liegende Axe durch eine leichte Maschinerie bewegt, machte, daß die Gänge der Schraube vertikal in das Wasser schnitten und gewissermaßen einen Schraubengang darin bildeten. Da das Wasser Widerstand leistet, so übertrug sich dieser Widerstand auf das Schiff, welches dadurch bewegt wurde, allerdings wich auch das Wasser aus, wenn dies nicht der Fall gewesen, so wäre das Schiff bei jeder Umdrehung der Schraube um einen Gang vorwärts gekommen, dies geschah nun zwar nicht, doch war ein Effekt erzielt und als die Schraube schneller bewegt wurde, kam auch das Schiff schneller in Bewegung, so daß es etwa in vier Drehungen der

Digitized by Google

Schraube um einen Gang vorwärts kam; es erwies sich, daß wenn der Gang 1 Fuß hoch, und die Schraubspindel in der Sekunde 10mal gedreht werde, das Schiff in der Minute an 150 Fuß fortrückte — es kam also nur darauf an, die mögliche Steigung der Schraube aufzusuchen und die möglichste Schnelligkeit der Umdrehung zu erzielen. Kufahl verkaufte seine Erfindung in England um ein Spottgeld, es ward daselbst ein Patent auf diese Bewegungsart ertheilt und dabei blieb es.

Die Amerikaner, welche der Verfasser nicht gern zum Muster aufstellt, verdienen doch hinsichtlich ihrer in reißendem Fortschritt begriffenen Industrie wohl als Vorbilder zu dienen, allerdings ergreifen sie bei ihrem unruhigen, sanguinischen Charakter auch hundertfältig das Unbrauchbare, allein da sie alles auffassen, was etwas verspricht, so geht ihnen das Brauchbare nicht verloren, indeß die vorsichtigen Bewohner der alten Welt, um nichts Unnützes aufzunehmen, alles Neue mit mißtrauischen Augen betrachten und so häufig mit dem anderen Untauglichen das Beste liegen lassen.

So ging es auch der Erfindung des Kufahl — sie blieb unbenutzt, bis ein Amerikaner die Engländer klug machte.

Erstes Debüt eines amerikanischen Schraubendampfers.

Ein prächtiger Dampfer kehrte von langer Fahrt glücklich nach Liverpool zurück, ein amerikanisches Dampfschiff folgte demselben. Der Engländer hatte seine Ankunft durch Flaggensignale zu erkennen gegeben, er gehörte einem der größten Häuser dieses Platzes, an seine Rückkehr knüpften sich viele frohe Hoffnungen, die Nachricht von seinem Nahen verbreitete sich schnell, und stundenlang sah man ihm und dem anderen Schiffe von den Hafendämmen entgegen. Die Irländische See, welche sich vor Liverpool ausbreitet, bot einen weiten prächtigen Raum zu dem seltsamen Schauspiel, das sich den Leuten zeigte. — Man nahm nämlich wahr, daß der Rauch der Dampfschornsteine bald wie aus einem Rauchfang aufstieg, bald wie aus zweien, dann sich wieder vereinigte und wieder trennte — es wurde dies mehrmals bemerkt und Keiner wußte recht, was er daraus machen sollte, bis beim Naherücken das Räthsel sich auf eine höchst überraschende Art löste. Der Liverpooler Dampfer warf breite Schaumwellen von beiden Seiten auf und arbeitete mächtig auf die Einfahrt des Hafens los — das Schiff unter amerikanischer Flagge fuhr, von einer unsichtbaren Gewalt getrieben, im glatten Wasser vor dem Liverpooler vorbei, schlug vor ihm einen gewaltigen Bogen und fuhr dann rückwärts, dann kam es hinter dem englischen Dampfschiff herum, schwenkte

Digitized by Google

wieder bei demselben vorbei, schoß wie ein Pfeil daran vorüber, legte sich quer vor, kehrte zurück und so fort, kurz es umkreiste das Liverpooler Dampfschiff wie ein munteres Hündchen seinen Herrn immerfort in engen und engeren Schlingen, wobei noch überdies merkwürdig war, daß das fremde Schiff nicht etwa kleiner und leichter, sondern im Gegentheil viel größer schien als das englische.

Endlich hatte der Amerikaner sein höhnisches Spiel selbst satt, oder es drohete in der Nähe des Landes Gefahr — nach einer letzten Umschlingung des Engländers faßte er Posto vor dem Hafen, und es sah aus als ob ein schwerfälliger Bär hinter einem edlen Wettrenner her sich abarbeitete, so mühsam keuchte das heimische Schiff heran, daß den Harrenden die Freude an seinem Erscheinen nicht wenig verbittert wurde.

Der Amerikaner war ein Schraubenschiff, und es hatte hier eine glänzende Probe von seiner Ueberlegenheit über das Schiff mit Schaufelrädern gegeben — nun gingen den Engländern die Augen auf über den Schatz, welchen sie in ihrem Patent besaßen und ehe es ablief, wurden geschwind noch einige Schiffe nach diesem Prinzip gebaut.

Vortheile der Schraubenschiffe.

Man war anfangs mit den Dampfschiffen sehr zufrieden gewesen, denn sie machten unabhängig von Wind und Wetter, sie gestatteten, wenn alle Segel eingezogen waren, noch immer ein Regieren des Schiffes, das nicht der Gunst oder Ungunst der erzürnten Wogen preis gegeben war, sie gestatteten auch bei schlechtem Winde, auch bei vollständig entgegengesetztem Winde die Fahrt fortzusetzen, jetzt sah man plötzlich, durch den Vergleich aufmerksam gemacht, auch die Fehler — die Schaufeln der Räder fallen schräg in's Wasser und steigen schräg aus demselben auf, nur einen Augenblick verweilt jede Schaufel in der senkrechten Lage, in welcher sie eigentlich zum Vorwärtsschieben wirksam ist, dagegen die schräge Stellung, die hindernd ist, viel länger dauert — die Rad-Dampfer brauchen zwei Maschinen, da jedes Rad besonders muß gedreht werden können, der Lenkung, der Umkehrung wegen. Auf der See, bei unruhigem Wetter, neigt sich das Schiff, das eine Rad taucht drei Viertel in das Wasser und findet einen ungeheuren Widerstand, die Maschine muß ihre ganze Kraft anwenden, um es zu drehen, das andere Rad steht in der Luft, kreist mit gefährlicher Heftigkeit ohne Widerstand — nun legt sich das Schiff auf die andere Seite, und plötzlich taucht das widerstandslos in der Luft umherschwirrende Rad in das Wasser und wird mit jeder Secunde mehr gehemmt, indeß das an-

Digitized by Google

dere Rad aus dem Waſſer auftaucht und frei in der Luft umher ſauſt; dieſer Wechſel thut den Maſchinen ſolchen Schaden, daß ſie darunter ſchwer leiden und im vierten Theile der Zeit zerſtört werden, welche ſie bei gleichmäßiger Arbeit auszuhalten im Stande wären.

Die unbequeme Breite darf dabei nicht vergeſſen werden, aber das Schlimmſte und dasjenige, was ſie für den Kriegsdienſt zur See ganz unbrauchbar macht, iſt die große Verwundbarkeit an den gefährlichſten Stellen — ein paar Kugeln von ſchwerem Kaliber und die Radkäſten, welche man aus drei verſchiedenen, viertel Zoll dicken Eiſenplatten, über einander liegend, zu machen genöthigt war, ſind verbogen, zertrümmert, und damit hört die Bewegung des Dampfſchiffes auf.

Die Schraubendampfer haben dieſe großen Umſtände nicht an ſich, ihr Bewegungsapparat iſt unter allen Umſtänden, wie das Schiff ſich auch lege, tief, und ganz unter Waſſer, die Maſchinen brauchen nicht zweifach zu ſein, weil nur eine Schraube zu bewegen iſt, alles, was an Kraft von derſelben aufgewendet wird, kommt dem Schiffe zu Gute (kein Theil der Schraube drückt das Schiff nieder, kein anderer Theil hebt es empor, wie dies bei den Rädern der Fall iſt), die Lenkung deſſelben geht ganz von dem Steuer aus, und da die bewegende Kraft, der fortgeſtoßene Waſſerſtrom, dicht an dem Steuer am heftigſten iſt, ſo iſt die Fläche des Steuerruders gerade dadurch beſonders wirkſam. Was nun aber die Schraubendampfer beſonders geſchickt für den Kriegsdienſt macht, das iſt die Unverwundbarkeit ſeines Motors. Die Dampfmaſchine liegt tief unter dem Waſſerſpiegel, und die Schraube, obſchon ganz frei und ohne Kaſten wie die Räder, liegt doch gleichfalls für Kugeln unerreichbar tief unter Waſſer, und dorthin abgeſchoſſene Kugeln würden durch Abprallen wohl den Rumpf des Schiffes, aber nimmer die Schraube beſchädigen können.

Beſchreibung der Schraube.

Um von dieſer Bewegungsart einen Begriff zu geben, möge hier eine Anſicht der Schraube und dann der Durchſchnitt eines Schraubendampfers folgen. *O O* iſt die ſehr ſtarke Axe, welche 6 bis 8 Fuß tief unter Waſſer liegt und an dem Hintertheile des Schiffes, über dem Kiel und zwiſchen dem Steuer und dem Schiffe, wo ſie die Schiffswand durchbricht, bis zu der Dampfmaſchine reicht, von welcher ſie durch ein ſtarkes Räderwerk ungemein ſchnell in Umſchwung geſetzt wird.

Fig. 551.

Digitized by Google

Diese Axe muß sehr stark sein, denn sie hat das ganze Schiff zu schieben, man macht sie nach Erforderniß 30 und mehr Zoll im Umfang — natürlich bei kleinen Schiffen verhältnißmäßig schwächer.

Da die Kraft einer solchen Stoßstange aber um so größer ist, je kürzer sie ist (eine lange Stange biegt sich viel eher als eine kurze ꝛc. gleicher Dicke), so kommt viel darauf an, daß besonders der Theil, welcher außerhalb des Schiffes frei schwebt, möglichst kurz sei; um dies zu erreichen, wendet man nicht einen ganzen Schraubengang an, bei welchem die Axe doch wenigstens die Länge dieses Ganges haben müßte (also z. B. bei einer Schraube von 9 Fuß Durchmesser etwa 3 Fuß), sondern man theilt die Schraubenwindung in drei oder mehr Stücke, setzt sie alle an denselben Punkt der Axe, wie die Figur 551 zeigt, und giebt jedem einzelnen Theile die schräge Stellung, welche ihm als Theil eines Schraubenganges von der gedachten Höhe zukäme und hat dadurch diesen ganzen Theil der Länge der Axe gespart. Die Schraubenstücke *a a a* stehen, wie die Flügel einer Windmühle, der Hauptrichtung nach senkrecht auf die Axe, übrigens aber schräg, so daß bei der Windmühle der darauf drückende Wind schräg abgleitend, die Mühle in Bewegung setzt, und hier umgekehrt, die bewegte Schraube das Wasser von sich stößt.

Fig. 552.

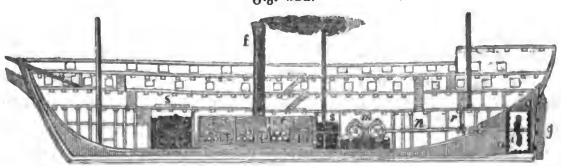


Fig. 552 zeigt einen Vertikaldurchschnitt der Fregatte Napoleon von 66 Kanonen, der, durch den Kiel gelegt, die ganze Construktion deutlich erkennen läßt.

Der Kiel bildet die unterste gerade Linie, welche vom Vordertheil bis zum Steuer des Schiffes geht. Das Steuerruder hängt an einer gewaltigen Balkenmasse, welche zwischen Schiff und Kiel befestigt ist. In diese vielfach verzapfte und verdoppelte Balkenwand (auf deren Widerstandsfähigkeit die Sicherheit des ganzen Schiffes beruht — eines jeden, nicht blos eines Schraubenschiffes, weil, wenn sie nachgiebt, das Steuer seinen Halt verliert), ist ein großes Fenster eingeschnitten, *a a* bezeichnet. Dieses Fenster ist, um dem Ganzen die Festigkeit wieder zu geben, welche ihm durch das Hinwegschneiden der Holzmasse geraubt worden, durch mehrere Zoll dicke

Digitized by Google

Eisenplatten verstärkt, welche durch ungeheure Schrauben in das Holz versenkt, gehalten werden, und mit dem Holze vereint eine sichere Basis für die Bewegung abgeben. In diesem Raume, den man nur so groß macht als für die freie Wirkung der Schraube unerläßlich, schwebt dieselbe *i* an ihrer Axe, welche einerseits auf der Tragewand des Steuers ruht, andererseits durch den Hintersteeven *a* hindurch, bei *r* und *n* vorbei, nach *m* geht, woselbst die Maschine steht, welche sie in möglichst schnelle Rotation setzt.

Man sieht in diesem Durchschnitt noch die Kohlenvorräthe *s s*, die Vorraths- und Munitionskammern *e e*, den Rauchfang *f*, die Masten, die Kanonenluken, allein dies Alles soll nur dienen um die Stellung der Maschine und der Schraube gegen das Schiff zu bezeichnen, und kann daher nicht auf eine solche Vollständigkeit Anspruch machen, um daraus eine Fregatte kennen zu lernen — der gedachte Zweck wird aber vollständig erreicht und wenn man denkt, daß von der Höhe des Schiffes beinahe $^2/_3$ unter Wasser sind, so daß die unterste Reihe der Kanonen nur wenig über dasselbe hervorsteht, so wird ein Jeder einsehen, daß die Schraube von keiner Kugel getroffen werden könne.

Fischschwanz-Dampfschiffe.

Es ist oft gefragt worden, wie es möglich sei, daß ein so kleines Stück Eisen in dem so leicht nachgebenden Wasser bewegt, ein so großes Schiff treiben könne. — Was ist denn die Fläche eines Ruders gegen den Kahn, was der Wallfischschwanz gegen den 100 Fuß langen Wallfisch — das Wasser giebt eben nicht leicht nach, einer raschen Bewegung leistet es energischen Widerstand. Die Fischschwanzbewegung macht der Matrose, der einzeln ein Boot an's Land rudert nach, wenn er sein Ruder nicht seitwärts, sondern hinten, über dem Kiel auslegt und durch schräges Hin- und Herdrücken desselben, die Masse seines Bootes, welche dem Wasser hundertmal mehr Fläche darbietet als sein Ruder, mit großer Schnelligkeit bewegt und diese Bewegung ist es, welche man neuerdings auf die Schraubendampfer zu übertragen versucht hat, welche Schiffe dann Fischschwanzdampfer heißen müßten.

Dadurch nämlich, daß sich die Schraube immer nach einer Richtung bewegt, wird das Wasser in einen gewissen Zug versetzt, der ihm etwas von seinem natürlichen Widerstande raubt. Würde nun das Wasser links hin geworfen, dann aber, sobald es diese Bewegung angenommen hat, rechts hin, und dann wieder links hin u. s. f., so müßte der Widerstand, den

Digitized by Google

dasselbe der Bewegung entgegengesetzt, viel größer, und hierdurch die Bewegung des Schiffes viel mehr beschleunigt werden.

Von dieser Idee ausgehend ist es einigen engländischen Maschinisten gelungen einen Apparat zu construiren, welcher aus Eisenplatten mit starken Gelenken zusammengesetzt, die Form des Fischschwanzes nicht nur, sondern die Beweglichkeit desselben hat, an Stelle der Schraube zwischen Schiff und Steuer steht, aber nicht gedreht, sondern hin und her bewegt wird. Hierzu ist nun eine Dampfmaschine von ungeheurer Kraft, aber von außerordentlich einfacher Bauart nöthig, Schwungrad, Balancier, Krummzapfen und der ganze schwierige Apparat an Pumpen u. s. w. fällt fort, zwei Cylinder stehen einander gegenüber und arbeiten gleichzeitig am Hin- und Herdrücken und Ziehen eines an der Axe befindlichen, senkrecht ausgestreckten Armes (oder zweier Arme) und wie diese Bewegung ausgeführt wird, macht der Fischschwanz außerhalb des Schiffes dieselbe Viertelskreis-Bewegung hin und zurück bei jedem Kolbenhub und die Propulsion ist dreimal so groß als bei der archimedischen Schraube.

Bewährt sich diese Anordnung, hält vor allen Dingen der bewegliche Fischschwanz die ihm zugemuthete Arbeit aus, und erliegt das Schiff nicht den muthmaßlich furchtbaren Erschütterungen durch die Kolbenstöße gegen die Axe, welche gerade in dem Augenblick, wo sie sich im entgegengesetzten Sinn bewegen soll, den heftigsten Widerstand leistet, so ist hiermit ein neuer Fortschritt in der Kunst, Schiffe zu bewegen, geschehen, dessen Folgen sich gar nicht berechnen lassen.

Dem gewaltigen unelastischen Stoß, welcher in jeder Minute 150mal auf das Schiff wirken muß, um die nöthige Schnelligkeit der Bewegung hervor zu bringen, ließe sich vielleicht dadurch begegnen, daß man an geeigneten Stellen Unterlagen von vulkanisirtem Kautschuk anbrächte, welche sich auf den Eisenbahnen als Puffer vortrefflich bewährt haben.

Der Dampfwagen.

Ist schon ein Dampfschiff ein wahrer Triumph des menschlichen Genies, so ist die Erfindung der Locomotive wohl als der Gipfelpunkt alles dessen zu betrachten, was in dieser Hinsicht geleistet werden kann. Es mußten ihr aber die Erfindung derjenigen Art von Kunststraßen vorhergehen, welche jetzt Jedermann kennt und welche doch vor 30 Jahren beinahe Niemand kannte, obwohl sie schon seit 200 Jahren in den deutschen und schlesischen Bergwerken üblich waren — die Eisenbahnen nämlich.

Digitized by Google

Um das Erz in den horizontalen Stollen zu fördern, wird es auf kleine, vierrädrige Wagen geladen (Hund) und diese laufen auf eisernen Schienenwegen, ganz von der Construction wie man dieselben jetzt baut. Auf der hohen Kante stehende Eisenstangen, durch Keile auf Schwellen befestigt, zwei und zwei durchweg parallel bilden die Bahn, auf ihnen läuft der Hund, welcher so gestaltete Räder hat, daß sie nicht von den Schienen herabgleiten. Schon seit 1630 betrieb man im Harz, in Thüringen, in Westphalen den Bergbau auf diese Weise, und in Schlesien ward sogar eine solche Eisenbahn von Malapana nach der Oder geführt, welche 2 Meilen lang über der Erde fortlief.

Solche Eisenbahnen benutzte man seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts auch in England zum Transport der Kohlen aus den Bergwerken nach den Schiffen, und seit dem Anfange des jetzigen suchte man ihre Anwendung auch auf Lastwagen anderer Art auszudehnen. Der glückliche Erfolg der Dampfschiffe leitete auf den Gedanken der Dampfwagen, anfänglich sogar nicht einmal für Eisenbahnen, sondern für Chausseen bestimmt. Eine der ersten Dampfkutschen dieser Art versah in den zwanziger Jahren den regelmäßigen Postdienst für den Personenverkehr zwischen Glasgow und Edinburgh und beförderte die Passagiere so schnell, daß die besten Gespanne engländischer Kutschpferde damit nicht concurriren konnten. Allein zwei Uebelstände waren nicht zu beseitigen. Obschon die Kutsche eine Zahl von 45 Personen faßte, so waren die Kosten doch so groß, daß sie durch diese Einnahme nicht gedeckt wurden — demnächst war die Hitze in dieser Kutsche unerträglich. Die Passagiere saßen über dem Dampfkessel (also auf einem Vulkan) und hatten zur Rückwand den Heizraum und den Rauchfang — dies ließ sich so wenig ertragen, daß derjenige, der aus Neugierde wohl einmal die Fahrt mitgemacht hatte — doch nicht leicht zu bewegen war, den Versuch noch einmal zu wagen.

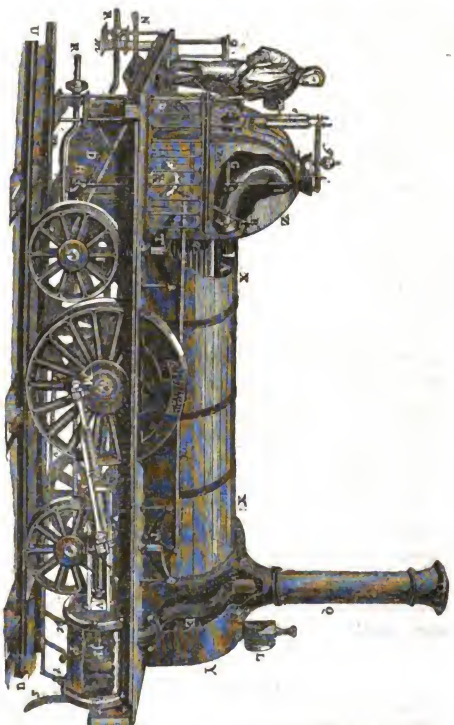
Man ging darum von dem Gedanken der Dampfkutschen ab und verwandelte sie in Schleppwagen, d. h. in solche, bei denen auf dem Dampfwagen Niemand befindlich als der Heizer und der Führer, dagegen dieser Wagen angehängte Kutschen für die Personen hinter sich her zog. Die Gefahr war vermindert, der Uebelstand der unerträglichen Hitze beseitigt, die Rentabilität vermehrt — allein der Dampfschlepper schleppte nicht, die Wagen blieben allesammt stehen, sobald der Zug so schwer oder schwerer war als die Bewegungsmaschine. Wurde diese aber auf ein sehr bedeutendes Gewicht erhoben, so daß man allenfalls fünf bis sechs Kutschen hätte anhängen können, so war sie selbst nicht mehr in Gang zu bringen, es trat dann ein so bedeutender Reibungswiderstand ein, daß die Räder sich nicht dreheten.

Digitized by Google

Die Locomotive.

Jetzt erst kam man auf den richtigen Weg, man setzt den Dampfwagen auf Schienen, beide gehören wesentlich zusammen, Eisenbahnen und Locomotiven (so nannte man die neue Bewegungsmaschine) sind gewisser-

Fig. 553.



maßen zwei Stücke eines Instrumentes, wie Elektrisirmaschine und Conductor, wie Magnet und Anker; einzeln leisten sie wenig, vereint können sie zu ungeheuren Leistungen gebracht werden.

Es hat wohl viele Wege und Umwege gekostet, bevor man zu demjenigen Wunderwerk des menschlichen Verstandes kam, von welchem uns hier eine Zeichnung vorliegt, allein es ist gelungen eine Maschine darzustellen, von der man beinahe glauben sollte, sie haben einen Theil des Verstandes ihres Erbauers zur Aussteuer mit bekommen, so klug ist für Alles gesorgt, daß man auf den Gedanken geräth, die Maschine sorgt aus eigener Machtvollkommenheit für sich.

Wir sehen hier eine sechsrädrige Locomotive wie dieselbe seit dem Jahre 1844 von Borsig in Berlin erbaut, und seit 1846 durch die meisten auswärtigen Maschinenbauer sklavisch nachgeahmt, so auch durch De Rosne et Cail in Paris ohne Veränderung wieder gegeben wurde. *X X* ist der Hauptkörper derselben, welcher auf den kurzen aber sehr starken Federn *T T* ruht. Eine solche Locomotive wiegt 400 Centner, die Federn, welche sie tragen, die Räder und die Axen müssen also eine gewaltige Tragekraft haben, und zwar um so mehr als es eigentlich nur zwei Räder, nämlich die beiden größern, mittelsten Triebräder sind, die anderen dienen nur als Stützen, weil es doch nicht möglich ist, die Maschine auf zwei Rädern im Gleichgewicht zu halten. Je weniger die übrigen vier Räder aber tragen, je mehr sie blos darauf eingerichtet sind, das Erforderliche, nämlich das gerade Fortgehen, das Schweben zwischen den Schienen, das Vermeiden des Hinabgleitens zu leisten, und je weniger sie dabei von der Last der Locomotive zu tragen haben, desto wirksamer ist die Locomotive.

Der Kasten *D* ist der Aschenheerd, darüber liegt der Rost und durch die Oeffnung *o* bringt der Heizer den Coaks ein.

Das Feuer brennt in dem Kasten bis zur Höhe des Geländers, der Rauchfang aber ist am entgegengesetzten Ende des Kessels bei *Q*, dies ist vorne, der Maschinist steht hinten. Von dem Heizraum muß die Flamme und die glühende Luft durch die ganze Länge des Kessels streichen, und es ist nöthig, dieser Luft recht viel Fläche zu geben, so daß das Wasser so viel von der erregten Wärme empfängt als irgend möglich. Hierfür ist auf folgende Weise gesorgt.

Der Röhrenkessel.

Der Kessel ist cylindrisch gestaltet und reicht von dem Heizraum *D* bis zum Rauchfang *E*, auf welchem der Schornstein *Q* steht. Zwischen

Digitized by Google

diesen beiden flachen Enden, den beiden Böden des Cylinders, laufen eine große Menge 2 Zoll weiter Röhren von Messing, so daß sie sich durch die ganze Länge des Kessels erstrecken und dem Feuer und der glühenden Luft den Durchgang gestatten. An dem hintern Ende des Cylinders ist ein Theil der Decke weggelassen, um die besprochene Einrichtung *a* zu zeigen. Dort sieht man auch ein großes Rohr *A*, welches in seiner ganzen Länge über dem Wasserspiegel steht, unter dem die engeren Röhren sich befinden müssen.

Der Dom *Z* ist ungefähr in der Höhe des Geländers durch eine starke Decke von Metall getheilt, so daß der Wasserspiegel um einen halben Fuß über dieser Platte steht, unter der unmittelbar der Feuerraum ist, aus welchem die kleinen Röhren nach *E* laufen.

Das große Rohr *A* ist an seinem Ende in die Höhe gekrümmt und mündet in den Dom. Diese Form und Stellung wird gewählt, damit das in dem Kessel kochende und durch die Bewegung des Fahrens mächtig bewegte Wasser nicht in die Röhre komme und statt des Dampfes den Dampfcylindern zugeführt werde. Dieses Rohr *A* nämlich erstreckt sich durch den Dampfraum des Kessels bis aus demselben heraus unter den Rauchfang. Hier theilt dasselbe sich in zwei Arme, wovon nur der eine unter *E* hinweggeht, indeß der andere auf der anderen Seite der Locomotive zu den Cylindern hinabreicht.

Was man hier an diesem Rohre *E* sieht, ist nicht eine Zuleitung, sondern eine Ableitung des verbrauchten Dampfes. Der Dampfcylinder *F*, durchbrochen um den Stempel *P* zu zeigen, wird durch ein Schieberventil mit Dampf gespeist und durch eben dasselbe entladen, ganz vorn sieht man die Mündung des Rohres. Wenn der Stempel von *P* nach *V* gehen soll, tritt der Dampf dort ein, soll er umgekehrt von *V* nach *P* und dem Ende des Cylinders gehen, so tritt zu jener Oeffnung der Dampf aus und geht durch das Rohr *E* in den Rauchfang, dasselbe geschieht mit dem Dampfe der gegenwärtig *P* von *V* entfernt, ist das Ziel erreicht und wird von dem Stempel der entgegengesetzte Weg eingeschlagen, nähert er sich wieder dem Ende *V*, so ist dort eben eine solche Oeffnung, aus welcher der Dampf nach *E* strömt, wie er unmittelbar vorher aus dem Rohre *A* eben dort hinein drang, um den Stempel zurück zu schieben.

Wenn dieses Wechselspiel eingeleitet wird, sind die Cylinder kalt, sie schlagen daher anfänglich eine große Menge Wasserdampf nieder, welcher dem Gange der Maschine nachtheilig werden kann, dieses Wasser, welches immer eine Temperatur von viel mehr als hundert Graden erreicht (da sich die Cylinder erst auf diejenige Höhe erwärmen müssen, welche die Dämpfe in dem Kessel selbst haben, wenn sie mit ihrer vollen Gewalt und Expansion

Digitized by Google

wirken sollen), muß fortgeschafft werden, hierzu sind die Hähne *t t* bestimmt, welche von der Stelle, die der Maschinenführer einnimmt, geöffnet oder geschlossen werden können. Sobald das erstere geschieht, treibt der eindringende Dampf das Wasser aus, von diesem kommt jedoch kein Tropfen zur Erde, denn da dasselbe immer bedeutend über 100 Grad warm ist, so verwandelt es sich in Dampf in dem Augenblick, in welchem der Druck aufhört, welcher durch die Dämpfe des Kessels darauf lastet. Dieses Wasser ist es, welches vor Antritt der Reise immer erst verjagt wird, und da mitunter die Hähne eine horizontale Richtung haben, so ist es stets gefährlich vor einer zum Abfahren bereiten Locomotive zu stehen, die Verletzungen durch den Dampf sind furchtbar und besonders umfangreich.

Umwandlung der Bewegung.

Das Spiel des Stempels ist vollkommen gradlinig, es muß also die Bewegung desselben in eine kreisende übertragen werden, die das Rad haben soll, durch welches die Locomotive getrieben wird. Dies geschieht dadurch, daß die großen Räder, auf denen vorzugsweise die Last des ungeheuren Instrumentes ruht, sich um ihre Axe bewegen; ein solches Bewegen ist für die Räder aber gar nicht möglich, ohne daß die Locomotive dadurch fortgeschoben wird, denn die Reibung der Radkränze an dem Boden, auf dem sie stehen, hier an den Schienen der Eisenbahn, ist so groß, daß sie von der Maschine nicht überwunden werden kann, wenn man dieser ein Hinderniß in den Weg legt, so daß sie nicht fortrollt. Sind freilich die Schienen durch Regen oder Schnee glatt, oder sind sie es dadurch, daß Oel oder sonstige Fettsubstanz darauf gekommen, wie dies auf den Bahnhöfen sehr häufig durch das Füllen der Schmierbüchsen geschieht, so findet die nöthige Reibung nicht statt, und dann bewegen sich die Räder mit großer Vehemenz und ruckweise, weil doch das Moment des Beharrungsvermögens fehlt, da an den sogenannten todten Punkten, wo der Wechsel zwischen hin und zurück stattfindet, auf das Rad gar nicht drehend gewirkt wird.

Ist die nöthige Adhäsion (dies ist der Kunstausdruck der Maschinisten), aber vorhanden, und die Maschine nicht absichtlich aufgehalten, so bewegt sich die Maschine dadurch, daß die Räder sich drehen, und das Trägheitsmoment treibt die Maschine auch noch ein klein wenig weiter als der Dampf wirkt, dadurch wird die Stellung der Räder gegen die Schubstange wieder eine solche, daß aus dem Schub eine drehende Bewegung werden kann.

So bewegt sich nun der Stempel im Dampfcylinder gradlinig hin und her, dasselbe thut die Stempelstange von *V* nach *K*, zwischen den Con-

Digitized by Google

lissen *r r*, sehr starke eiserne Parallelogramme, die durch Frictionsrollen den Kopf der Stempelstange leiten und sie verhindern, aus dieser Bahn zu schreiten, ob auch rechts oder links daran gezogen und auf eine solche Ablenkung gewirkt werde. An diesem Kopf der Stempelstange ist aber durch ein starkes, mächtiges Gelenk befestigt die Leitstange *G*, welche gabelförmig den Kopf umfaßt, mit ihrem anderen Ende aber einen kurzen Krummzapfen *M* ergreift, der an der Nabe des Bewegungsrades fest sitzt, und dadurch das Rad und mit ihm die Maschine von der Stelle bringt. Da hier alles von dem Druck der Triebräder auf die Schienen abhängt, so sieht man sogleich ein, wie wichtig es ist, daß die übrigen Räder so wenig von derselben tragen als möglich.

Steuerung der Maschine.

Der Führer der Maschine muß ihre Bewegung in seiner Gewalt haben, hierzu dienen die verschiedenen Hebel und Handhaben *e, i, B, C* und andere. Die ersteren sind einfach zum Anlassen des Dampfes nach dem Hauptrohre *A*, oder zum Absperren desselben. Auch zu der Pfeife *g* führt ein Dampfrohr und eine Handhabe, welche den Hahn öffnet und schließt. Von besonderer Wichtigkeit aber ist der Hebel *B* mit der Zahnstange *b* und der Leitstange *C*. Die Locomotive kann man nicht umwenden wie eine Kutsche, weil erstens dazu keine Bahn eingerichtet ist, zweitens aber, weil die Räder beide immer auf einer Axe sitzen, beim Umdrehen würde ein Rad einen kleinern Kreis beschreiben müssen als das andere, welches die Verbindung auf einer Axe hindert. Deßhalb muß also die Locomotive so eingerichtet sein, daß sie ohne zu wenden, vorwärts und rückwärts gehen kann. Dies wird durch den Hebelapparat *B b C* bewirkt.

Wenn die Locomotive steht wie hier angegeben, und der Stempel *P* wird durch den Dampf nach *V* getrieben, so drehen sich die großen Räder so, daß die Maschine vorwärts geht, wird der Stempel aber von *V* hinweg geschoben, so zieht er mittelst der Leitstange die Nabe des Rades zu sich und giebt ihr die entgegengesetzte Bewegung, folglich geht die Locomotive rückwärts. Man sieht worauf es hier ankommt, ob man zuerst den Dampf bei *V* oder dem entgegengesetzten Ende einströmen läßt, und dieses regelt das Hebelwerk *B b C*, welches mit dem Schieberventil in einer solchen Verbindung ist, daß der Dampf einzuströmen gezwungen wird, wo ihm der Zimmermann das Loch offen gelassen hat.

Die Locomotive verbraucht außerordentlich viel Wasser, dies wird ihr auf einem Wagen, welcher der Tender heißt, nachgeführt, zwei Röhren *R R*

Digitized by Google

dienen zur Verbindung desſelben mit der Maſchine, das Waſſer wird ihr durch ſtarke Druckpumpen zugeführt. Bei *H* aber iſt ein Hahn, durch welchen man das Waſſer entlaſſen kann, wenn der Keſſel, der Reparatur wegen, etwa geleert werden muß. Bei *N* ſieht man eine ſtarke Stange mit einer Oeſe, beſtimmt den Tender durch eine Kette an die Locomotive zu hängen, worauf die anderen Wagen folgen.

Wie man ſich in jedes neue Verhältniß erſt hinein denken, hinein arbeiten muß, lehrt die ehemalige Rangordnung des Fahrens. Sonſt kamen die Wagen erſter Klaſſe hinter dem Tender (der Ehrenplatz, der erſte Platz), dann die übrigen, zuletzt die Packwagen — jetzt ſchiebt man die ſämmtlichen Güterwagen vor, dann kommen die verſchiedenen Klaſſen, denn wirklich iſt hier der ſicherſte und der angenehmſte Platz der letzte, man wird daſelbſt von Hitze, Rauch, Oelgeruch am wenigſten incommodirt und wenn die Locomotive aus den Schienen kommt, ſo reißt ſie wohl die erſten, ſelten aber die letzten Wagen mit in ihr Unheil, wenn dagegen umgekehrt die Locomotive plötzlich zum Stehen kommt, etwa durch das Furchtbarſte, was geſchehen kann, durch den Zuſammenſtoß mit einer anderen, ſo werden alle zwiſchen ihr und dem hinterſten Wagen befindlichen zerquetſcht — nur der letzte hat dieſes Schickſal nicht zu fürchten, weil hinter ihm keiner mehr iſt, der auf ihn drückt, lange aber hat es gedauert, bevor man zu dieſer Erkenntniß kam.

Auf den Schienen *U U* ſtehen alle ſechs Räder, was ſie darauf liegend finden, das zerſchneiden ſie, daher leider nur zu häufig verzweifelte Menſchen auf den unglückſeeligen Gedanken gekommen ſind, ſich dadurch zu tödten, daß ſie ſich unter die Räder einer Locomotive werfen — auch Thiere, ſcheu werdende Rinder, Pferde ſind ſo zerſchnitten worden. Um dies unmöglich zu machen, bringt man einen ſogenannten Abweiſer *S* auf dem vorderſten Theil der Locomotive an, ſtarke, etwas vorwärts gebogene Eiſenſtangen, deren unterſte Enden ganz nahe den Schienen, kaum einen halben Zoll davon, laufen, ſo daß ein hindernder Gegenſtand davon aufgegriffen und geſchleift, vielleicht auch zur Seite geworfen wird.

Menſch oder Thier, denen dieſe Wohlthat widerfährt, dürften allerdings nicht zerſchnitten werden, doch iſt es wahrſcheinlich, daß ſie nicht viel mehr zu beſtellen haben für dieſe Welt.

Da die Züge auch bei Nacht gehen, ſo iſt es, wie bei den Schiffen, von Wichtigkeit, daß ſie von ferne geſehen werden, daher Beide Laternen haben, die Schiffe an dem ſchräg hinaus liegenden Maſt, dem Bugſprit, die Locomotive an ihrem Bug, d. h. Vordertheil, entweder da wo die Zeichnung ſie hat, bei *L*, oder unmittelbar vor den beiden Dampfcylindern.

Digitized by Google

Wenn dies letztere der Fall, und die Laternen sind hell und haben wohl polirte, parabolische Spiegel, in deren Focus die Argandt'sche Flamme steht, so ist der Anblick fast Entsetzen erregend, auch für ein ziemlich muthiges Herz — es sieht aus als ob ein vorweltliches, fabelhaftes Ungeheuer, gräulich schnaubend, mit glühenden Augen wie Teller groß, daher eilte, alles Lebende zu verschlingen drohend, es ist daher gar kein Wunder, daß in Spanien und Italien die Eisenbahnen als Teufelswerk verschrieen werden, wahrscheinlich hat nie eines Mönches träges Gehirn den Teufel so gräulich geschildert, wie die schwarze Locomotive mit rauchendem und funkensprühendem Haupt, mit flammenden Augen, bei Nacht wirklich aussieht.

Wir haben die wichtigsten Anwendungen der Wärme hier so ausführlich, als der Raum es gestattete, gezeigt, müssen — da wir uns auf Details nicht einlassen können, das Weitere übergehend, hier abbrechen und wenden uns zu einem der interessantesten Theile der technischen Anwendung des Lichtes, zu der Lichtbildnerei.

Photographie.

Es giebt eine Substanz, welche man im gewöhnlichen Leben Hornsilber nennt, es wird eine Auflösung des Silbers in Salpetersäure bewirkt, zu dieser Lösung setzt man so lange Salzsäure als sich noch ein weißer Niederschlag bildet, diesen trennt man durch das Filtrum von der Flüssigkeit, süßt ihn mit destillirtem Wasser aus und hat nun das sogenannte Chlorsilber, Hornsilber. Es muß in einer schwarzbeklebten Flasche und dann noch in einem dunklen Zimmer oder in einem finstern Schrank bewahrt werden, weil das Licht einen reducirenden Einfluß hat, die hohe Oxydationsstufe, auf der das Chlorsilber steht, wird auf eine niedere zurück geführt, man glaubte früher, das Silber würde vollständig in den metallischen Zustand gebracht, dies ist jedoch nicht der Fall, das Silber bleibt ein Chlorür, nur eines von geringerem Chlorgehalte.

Die Beobachtung, daß es sich am Tageslicht schwärze, gab Veranlassung zu mancherlei Experimenten — Spielereien — man schrieb mit einem Griffel von Chlorsilber, den man für einen Kreidestift ausgab, etwas auf Papier, gab es unter Glasverschluß und am folgenden Tage fand der Besitzer es in blauschwarz verwandelt — man löste etwas auf in destillirtem Wasser, im Tageslicht ward es in wenigen Minuten, im Sonnenlicht in

Digitized by Google

wenigen Sekunden violet, dunkelblau, schwarz — besondere Dienste leistete es weiter nicht.

Da kam am Ende des vorigen Jahrhunderts ein Töpfersohn Wedgewood (der Gründer jener berühmten Potterieen, am Trent in der Grafschaft Staffort, 14 Ortschaften mit 75000 Bewohnern, welche sich alle mit der Töpferei in ihren mannigfaltigsten Verzweigungen, vom feinsten Porzellan bis zum ordinairsten Steingut beschäftigen) darauf, diese Eigenschaft des Chlorsilbers zum Copiren von Kupferstichen zu benutzen, um dieselben dann als Verzierungen auf Teller und Schüsseln zu übertragen. Der Gedanke war gewiß sehr gut, der Erfolg zeigte, daß er sich nicht geirrt — er überzog ein Papier mit Chlorsilber, natürlich im Finstern, so daß der Einfluß des Lichtes nicht stattfinden konnte, dann legte er einen Kupferstich darauf und brachte Beides zusammen zwischen eine schwarz bezogene und eine klare Spiegelscheibe. Das Schwarze brauchte allerdings kein Spiegel zu sein, er ward nur gewählt um zwei recht ebene Platten zu haben, zwischen welchen die beiden Papiere keine Falte schlagen konnten.

Diese Vorrichtung, dem Sonnenlichte ausgesetzt, gab nach kurzer Zeit eine höchst genaue und scharfe Copie des Kupferstiches, mit dem einzigen Uebelstande, daß sie, wie man zu sagen pflegt, eine negative war, d. h. daß alles Weiße des Kupferstiches schwarz und daß jede schwarze Linie weiß war.

Hier schien etwas Außerordentliches gewonnen, man brauchte ja das Verfahren nur zum zweiten Male mit dem negativen Bilde zu wiederholen, um ein dem Kupferstich ganz gleiches zu haben, gewiß, wenn nur das negative Bild gehalten hätte, allein in wenigen Stunden war es über und über gleich gefärbt, und wollte man es etwa sofort nach dessen Gewinnung benutzen, nun so wurde es sofort schwarz, indem die Wirkung der Sonnenstrahlen noch viel energischer war als die des zerstreuten Tageslichtes.

Vermag das bloße Bescheinen des Tageslichtes eine chemische Verbindung zu lösen, so sollte man wohl meinen, müßte irgend eine andere chemische Operation das Gedachte eben so gut oder noch leichter thun, man verjagt ja die Kohlensäure aus der Kreide durch andere stärkere Säuren und macht aus der Kreide Gyps, man vertreibt ja das Chlor aus dem Küchensalz und erhält schwefelsaures Natron, man neutralisirt ja Säuren durch Alkalien, warum sollte es denn mit dem salzsauren Silber nicht möglich sein — die Sache lag so nahe, daß man sich im höchsten Grade wundern muß, daß sie nicht gefunden wurde — allein sie wurde nicht gefunden, es war das Ei, wozu der Columbus gesucht wurde — und höchst merkwürdig — selbst ein H. Davy, ein Faraday war der Columbus nicht —

Digitized by Google

es handelte sich um nichts weiter als dem Chlorsilber nach empfangenem Lichteindruck seine Empfindlichkeit zu nehmen, alles was noch Chlorsilber war, in irgend ein anderes Ding zu verwandeln durch irgend ein Alkali — es geschah nicht, es gelang nicht und es blieb die ganze Kunst auf sich beruhen.

Daguerre's Erfindung.

In den dreißiger Jahren nahmen der Engländer Talbot und die Franzosen Daguerre und Niepça de St. Victur diese Versuche wieder auf, jedoch ein Jeder für sich, insgeheim, Keiner von dem Anderen etwas wissend und deshalb unabhängig von einander zu ganz verschiedenen Resultaten gelangend. Talbot blieb dem Chlorsilber treu und scheint zuerst den richtigen Weg aufgefunden zu haben, Daguerre aber machte sein Verfahren zuerst bekannt, daher streiten sich Beide um die Priorität der Erfindung ganz mit Unrecht, denn die Idee ist viel älter, gehört also keinem von Beiden, und die Ausführung ist so verschieden, daß Jeder sein Verfahren zuerst erfunden hat und das Verfahren der Anderen damit so gut wie gar nichts gemein hat. Weil Daguerre zuerst (im Jahre 1838) mit seiner Erfindung an das Licht trat, wollen wir dieselbe zuerst betrachten.

Daguerre legte der Pariser Akademie versilberte Kupferplatten vor, auf denen architektonische Gegenstände, Marmor- oder Gypsbilder, Portraits von lebenden Personen mit einer Genauigkeit an Schärfe der Zeichnung wiedergegeben waren, daß das Institut de France (die Akademie) ihm für die Erfindung und deren Veröffentlichung einen Preis von — wenn ich nicht irre, 200,000 Frcs. gab.

Das Verfahren, damals noch etwas unvollkommen, ist nach den neuesten Verbesserungen Folgendes:

Eine jede Camera obscura giebt von dem ihr gegenüber liegenden Gegenstande ein verkleinertes und umgekehrtes Bild. Dort wo dieses Bild erscheint, ist der Focus des Objectivglases — ein gewöhnliches Objectivglas vereinigt die Strahlen, die von einem Gegenstande ausgehen, nicht sämmtlich in einem Punkte oder in einer Ebene dem Glase parallel, sondern die stärker brechbaren Strahlen vereinigen sich früher, die weniger brechbaren später, das heißt weiter von dem Glase. Dies ist ein großer Uebelstand, der aber durch ein achromatisches Objectiv zum Theil beseitigt werden kann.

Das Bild in der Camera obscura ist immer sehr lichtschwach, daher ihre Wirkung nur von Bedeutung bei hellem Sonnenschein, das Bild ist desto schärfer, je kleiner die Oeffnung ist, wodurch die Lichtstrahlen fallen,

Digitized by Google

daher wiederum um so weniger lichtstark, je deutlicher es ist. — Auch hier kann geholfen werden durch achromatische Gläser, denn diese gestatten bei gleicher Deutlichkeit eine viel größere Oeffnung, also viel mehr Licht, man kann daher die Camera obscura auch bei weniger starkem Licht, z. B. selbst bei Regenwetter benutzen, falls nur die Gläser groß genug sind, um hinlängliches Licht einfallen zu lassen.

Die Camera obscura giebt Bilder von einer außerordentlichen Deutlichkeit und Schärfe, es kommt nur darauf an dieselben fest zu halten, um dies zu bewerkstelligen, hält Daguerre eine gut versilberte und wohl polirte Kupferplatte über Jod, läßt die Dämpfe desselben an das Silber streichen, stellt die so jodirte Silbertafel dem Lichteindruck in der Camera obscura blos, hält darauf, nachdem das Licht seine unsichtbare Zeichnung gemacht hat, die Tafel über Quecksilber, welches verdunstet, entfernt nun durch Waschen das Jod von der Tafel und das Bild ist fertig.

Wir haben hier das Verfahren, der bequemeren Uebersicht wegen, in einem Zusammenhange dargestellt, welchen der Verlauf kennen lehrt; darnach würde noch Keiner ein Daguerre'sches Bild machen, wir wollen versuchen auch dies unsern Lesern beizubringen.

Reinigen der Platte.

Die polirte Kupferplatte, welche gut versilbert sein muß, macht der Fabrikant, der Lichtbildner kauft sie fertig, allein das Präpariren derselben ist seine Sache und die Darstellung des Bildes zerfällt in folgende Operationen, welche nach einander vorgenommen werden müssen.

Zuerst muß die Platte gereinigt werden durch Vorputzen, Glänzen und Fertigputzen. Zum Vorputzen bedient man sich des Wiener Kalkes, welcher außerordentlich fein gerieben, zwischen den Fingern nicht fühlbar sein darf, dennoch aber aus dem weithalsigen Glase, in welchem er trocken aufzubewahren ist, gesiebt werden muß durch die feinste Gaze. Doppelte weitläuftige Gaze oder gar Petinet, Tüll oder dergleichen zu nehmen, ist durchaus verwerflich, weil die gröberen Kalkkörnchen zuerst durch die eine Schicht, später durch die andere Schicht des Stoffes gehen, also ein Abhalten dieser Körnchen dadurch nicht erzielt wird.

Auf die Silbertafel (sie sei neu oder schon einmal gebraucht zur Darstellung eines Bildes, welches man fortschaffen will, um sie nochmals zu brauchen), wird ein Tropfen Olivenöl gebracht, darauf das Kalkpulver gepudert und nun mit einem Baumwollenbäuschchen gerieben in kleinen, sich mannigfaltig durchschneidenden und kreuzenden Kreisen, dann aber in lauter

Digitized by Google

parallelen, möglichst graden Strichen, der Länge und der Quere nach — dies wird fortgesetzt, bis das Baumwollenbäuschchen, mit welchem man gerieben hat, schwarzgrau geworden ist.

Die Baumwolle, welche man anwendet, darf nicht roh, sie muß vorher gereinigt sein, deßhalb nimmt man am liebsten recht feine und schöne Watte, welche sich leicht spalten läßt, so daß die mit Gummi versehene Seite bei der Bildung des Bäuschchens inwendig kommt und mit der klaren Baumwolle frottirt wird.

Bei dem Halten der Platte kommt es leicht vor, daß man mit den Fingern auf die geputzte Fläche kommt, dies macht die berührten Stellen wieder blind und die Arbeit des Putzens muß wiederholt werden, man thut, um dies zu vermeiden, wohl, die Platte auf ein ebenes Stück Holz zu befestigen, welches um ein Geringes kleiner ist als die Platte, dies geschieht am einfachsten durch etwas Pech oder durch Siegellack, am besten jedoch dadurch, daß man ein Stück gewalztes Kautschuk von der Größe des Klötzchens schneidet, dies mit Terpentingeist befeuchtet und dann zwischen die Platte (Kupferseite) und den Klotz bringt und durch gelinden gleichmäßigen Druck beiderseitig befestigt. Abgenommen wird nach dem Putzen die versilberte Platte durch Erwärmung derselben, da sie sich denn leicht von dem Gummi elasticum löst, indeß dies an dem Holze haften bleibt und immer wieder benutzt werden kann, in diesem Falle hat man natürlich nur die Benetzung der oberen, für die Aufnahme der Kupferplatte bestimmten Seite nöthig.

Wenn dieses Vorputzen beendigt ist, wird ganz dasselbe mit Wiener Kalk nochmals und zum drittenmale wiederholt mit dem einzigen Unterschiede, daß man statt des Oeles gereinigten, fuselfreien Weingeist nimmt, denn dieses Nachputzen hat nur zum Zweck, das Oel vollständig zu entfernen.

Glänzen der Platten.

Es folgt hierauf das Glänzen, welches durch eine Lederfeile bewerkstelligt wird. Dies Instrument ist ungefähr, doch nicht ganz das was auch der Schlosser so nennt, der auch einen etwa 1 Fuß langen, 1 ½ Zoll breiten, flachen Stab mit Sohlenleder überzieht und hierauf Schmirgel mit Leim trägt. In den Massen ist die Lederfeile des Daguerreotypisten nicht anders, allein man nimmt nicht Sohlenleder, sondern weiches, sämisch gegerbtes Hirschleder dazu, und dies wird noch mit dem zartesten Rehleder überzogen, welches in Alkohol gewaschen, auf das Sorgfältigste getrocknet

Digitized by Google

und dann wieder weich gerieben werden ist. Das Putzpulver ist das sogenannte Pariser Roth der Goldarbeiter (Englischroth, Rouge, Caput mortuum, lauter Trivialnamen für Ferrum oxydat. rubrum, welches man erhält, wenn man Eisenvitriol auflöst, durch Weingeist niederschlägt und auf dem Filtrum noch mit Weingeist auswäscht. Dies ist das Feinste, welches keiner weiteren Steigerung in seiner Zartheit fähig ist — leichter wird es gewonnen durch Ausglühen von Eisenvitriol, dann aber muß es gerieben und gebeutelt werden und erreicht doch nie die Feinheit des gefällten).

Mit diesem Eisenoxyd, mit welchem auch die Glasschleifer den Spiegeln die höchste Politur geben, wird die Platte bis zum höchsten Glanz gerieben, anfangs kreisförmig und in allen Richtungen, zuletzt aber immer parallel mit einer Kante der Platte, und zwar muß bei allen den vier auf einander folgenden Operationen die letzte Hand immer so angelegt werden, daß dieselbe Streichart wie bei den vorigen Abreibungen gemacht werde. Die Feile und das Pariser Roth muß im Trocknen erhalten werden, das erreicht man am besten, wenn man Beide in einem gut verschlossenen Glaskasten aufbewahrt, an dessen Boden salzsaurer Kalk ausgebreitet ist. Dieser zieht alle Feuchtigkeit an. Da er jedoch durchaus nicht mit den Putzapparaten in Berührung kommen darf, so liegen diese in einer abgesonderten Schachtel über ihm.

Es folgt nun das Fertigputzen, welches wieder mit Rehleder geschieht, wobei man aber Knochenmehl anwendet. Dies gewinnt man aus fein zermahlenen und geschlemmten Schaafknochen, welche in einem Porzellanmörser mit Weingeist gerieben und dann angezündet werden, wodurch sie trocknen. Es versteht sich, daß sie hierbei immerfort mit einem reinen Spatel umgerührt, zerdrückt und dadurch zum Hergeben des letzten Antheiles Weingeist gebracht werden müssen. Dann wird der Rückstand in demselben Mörser verrieben und nun in ein Fläschchen gebracht, dessen Mündung man mit feiner Seidengaze zubindet.

Man braucht hierzu zwei Ballen von Leder, gewissermaßen rundgestaltete Lederfeilen. Zwei runde Holzklötze von 3 bis 4 Zoll Durchmesser werden mit einer Handhabe und mit einer Nute auf der Kante versehen. Auf die andere flache Seite, der Handhabe gegenüber, wird ein Stück des dickſten amerikanischen Wildleders oder ein recht ebenes Stück Filz aufgeleimt, hierüber aber legt man ein größeres Stück mit Weingeist gewaschenes Rehleder, spannt es fest an und bindet es in der Nute durch mehrmalige Umschlingung mit Bindfaden fest.

Zuerst reibt man die Platte mit Knochenpulver und Baumwolle ab, dann strent man etwas Weniges von diesem Pulver auf die Platte und

Digitized by Google

reibt mit dem einen der beiden Ballen die Platte, jedoch jetzt nur gradlinig und in der Richtung ab, in welcher man allemal mit Putzen aufgehört hat. Schließlich nimmt man den zweiten Lederballen ohne irgend ein Putzmaterial, nur rein und trocken, und zieht die letzten Striche.

Ist man mit Allem fertig, so muß die Platte, in der geeigneten Richtung gehalten, vollkommen schwarz erscheinen, sie muß unsichtbar sein, und läßt man beleuchtetes Papier sich in ihr abspiegeln, so darf dies keinen Flecken zeigen.

Man sieht, daß die Behandlung sehr mühsam und umständlich ist — alle die Operationen zusammen genommen dauern freilich nicht so lange als der Verfasser bei der Erzählung davon geschrieben hat, allein da sie sich für jedes Bild wiederholen und es nicht möglich ist, sich die Platten im Vorrath zu reinigen oder so gereinigt zu kaufen, so ist die ewige Wiederholung doch sehr langweilig. Eine immerwährende Aufmerksamkeit ist auch auf die einzelnen Materialien zu richten, man darf die Baumwolle nicht sparen, darf kein Bäuschchen derselben bei einer nächsten Platte zum zweiten Male anwenden, muß alles der Reihe nach machen, wie es hier beschrieben worden und muß sich wohl vor dem Befassen der Tafeln hüten.

Jodiren der Platte.

Die so gereinigte Tafel wird nun jodirt, dies ist der Kunstausdruck für das Empfindlichmachen der Platte, welches früher lediglich durch Joddämpfe geschah, jetzt aber nimmt man das empfindlichere Jodbromür. Es wird gewonnen, indem man in das flüssige Brom so lange Jod einträgt, bis die Mischung eine zähe Consistenz erlangt. Diese muß einige Tage unter wiederholtem Umrühren, um die Verbindung der beiden Substanzen zu befördern, stehn bleiben, dann wird ein Theil davon in Wasser aufgelöst, und durch die von selbst sich entwickelnden Dämpfe wird die Platte behaucht.

Auch hierzu sind Apparate und Vorsichtsmaßregeln erforderlich, ohne deren Ausübung nichts Gutes erzielt werden kann. Die Bromjodflüssigkeit muß in einem viereckigen Glasgefäß von geringer Höhe befindlich sein, der Boden desselben ist höchstens $\frac{1}{4}$ Zoll hoch mit der Flüssigkeit bedeckt. Das Gefäß muß für jedes Format der Tafel ein besonderes, immer etwas größeres sein, so daß die Tafel bequem darin liegen könnte. Damit sie nun beim Jodiren nicht hinein fällt, muß sie in einen hölzernen Rahmen gefaßt werden, welcher das Gefäß genau bedeckt. Wenn aber die Platte jodirt ist, nimmt sie den leisesten Lichteindruck an, sie darf also dem Lichte

Digitized by Google

nicht einen Augenblick ausgeſetzt werden, deßhalb muß der Rahmen einen Schieber haben, ſobald man glaubt, daß genug Joddämpfe auf die Silberſeite gekommen ſind, bringt man den Schieber vor und nun erſt hebt man die Platte ſammt ihrem Rahmen, und ſo verſchloſſen, wie ſie iſt, ab. Damit kein Jod verloren gehe, wird die viereckige Glasſchale, oder Porzellanſchale, welche wegen ihrer Undurchſichtigkeit noch beſſer iſt, mit einer gut ebenen, matt geſchliffenen Glastafel bedeckt.

Wie lange die Platte den Bromjoddämpfen ausgeſetzt bleiben müſſe, hängt von der Temperatur ab, man muß ſich alſo genau merken, in wie viel Zeit die Platte fertig wird, bei 10, 11 — 15 — 20 Grad und das Thermometer und die Secundenuhr ſtets zu Rathe ziehen, und ſich mit ſchlechten oder mißrathenen Platten in dieſer Operation üben. Die Platte iſt gut, wenn ſie über und über mit einem hell purpur- oder pfirſichblüthfarbenen Anflug verſehen iſt. Geſchickte Techniker erhalten hierin ſehr bald eine große Sicherheit, weniger Geübte ſind genöthigt ihr Auge zu gebrauchen, und bei ſehr ſchwacher Beleuchtung durch einen Spalt des Fenſterladens die jodirte Platte mehrmals zu betrachten, ob ſie bereits die verlangte Farbe hat.

Einſtellen der Platte.

Es kommt nunmehr, da die Platte fertig iſt, nur noch darauf an, ſie in die Camera obſcura an die rechte Stelle zu bringen, dieſe muß alſo vorher auf das Genaueſte ermittelt ſein. Das geſchieht auf folgende Weiſe:

Fig. 554.

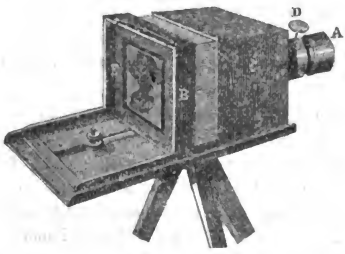


Fig. 554 ſtellt eine zum Aufnehmen von Lichtbildern eingerichtete Camera obſcura dar, ſie ſteht auf einem dreifüßigen Stativ und hat zweierlei Verſchiebungen, die eine vorn bei den Objectivgläſern, welche in der Hülſe *A* befeſtigt ſind, durch die Schraube *D* kann man dieſelben mehr oder weniger ausziehen; die andere dient dazu den Kaſten *C* dadurch zu verlängern, daß man einen in demſelben laufenden zweiten, aber ganz offenen Kaſten *B*

Digitized by Google

nach der Richtung der auf der Schieberplatte sichtbaren Schraube zieht, die Schraube dient um denselben in der erforderlichen Lage zu befestigen.

An dem Ende dieses offenen Kastens befindet sich eine Nute, in welche man einen Rahmen *E* von oben her einschieben kann. Der Rahmen hat ein matt geschliffenes Glas. Nunmehr wird der Camera obscura die Richtung, dem aufzunehmenden Gegenstande aber die Stellung gegeben, welche erforderlich ist für die beste Wirkung des Bildes, und durch *D* und die Verschiebung des beweglichen Kastens wird die matte Glastafel so gestellt, daß man darauf das zwar verkehrte aber vollkommen deutliche Bild des aufzunehmenden Gegenstandes sieht.

Der Rahmen mit der jodirten Platte muß nun so eingerichtet sein, daß er auf das Genaueste an die Stelle des Rahmens mit dem mattgeschliffenen Glase kommt, und zwar muß die Silbertafel die Stelle einnehmen, welche die matte Seite der Glastafel einnimmt. Die Cassette, in welcher diese Silbertafel befindlich, muß daher solche Maaße haben, daß nach Hinwegnahme des Schiebers, der die jodirte Platte bedeckt, diese jodirte Seite genau um so viel zurück tritt als nöthig, um ihr die geforderte Stelle zu geben.

Aufnehmen des Bildes.

Das Verfahren beginnt nun dadurch, daß man das Objectiv *A* durch eine leicht zu entfernende Kapsel bedeckt, die Metallplatte an die Stelle der Glasplatte bringt, den verdeckenden Schieber entfernt, der Person die verabredete Stellung einzunehmen empfiehlt, und sie an die Nothwendigkeit, für einige Secunden bewegungslos zu verharren, erinnert. Ist dies alles geschehen, so entfernt man die Kapsel vor dem Objectiv, beginnt zu zählen 5 — 10 — 15 Secunden, schließt darauf das Objectiv und verdeckt durch den Schieber die Metallplatte.

Die Zeit muß beinahe jedesmal von neuem ausprobirt werden, jede Tageszeit, jeder Grad von Helligkeit des Himmels fordert eine — zwei Secunden mehr oder weniger — diese zwei Secunden sind genügend um — wenn sie zuviel sind, verbrannte Stellen auf den hellsten, auf den Lichtpunkten (weiße Wäsche und damit Verwandtes) zu geben, dieselben zwei Secunden, wenn sie zu wenig sind, lassen das gewonnene Bild unvollendet erscheinen, höchst selten glückt daher das erste Bild — es ist ein Versuch wie lange man heute um 10 Uhr die Platte in der Camera obscura lassen muß, heute um 11 Uhr paßt das schon nicht mehr.

Digitized by Google

Würde man jetzt das jodirte Silber betrachten wollen, um zu erfahren, welchen Eindruck das Licht gemacht hat, so würde man nichts wahrnehmen, aber die Platte verderben, denn das von allen Seiten auffallende Licht würde eine allgemeine Veränderung der Platte hervor bringen, indeß wir nur eine ganz partielle und stellenweise haben wollen — das Bild muß erst hervorgerufen werden; hierzu dienen Queckſilberdämpfe.

Queckſilberdämpfe.

Man hat einen hölzernen Kaſten, deſſen Boden von Eiſenblech, deſſen vier Seitenwände von verſchiedener Höhe ſind, die vordern niedriger, die hintern beträchtlich höher, die beiden Seitenwände ſo ſchräg, daß ein Brett, auf alle vier gelegt, darauf ſchräg liegt, wie der Deckel eines Schreibpultes, in der höheren und in der einen Seitenwand ſind mit Glas und einem undurchſichtigen Deckel verſchloſſene Oeffnungen, deren eine beſtimmt iſt, das Licht einer Kerzenflamme hineinfallen zu laſſen, durch deren andere aber man das entſtehende Bild betrachtet, um zu beurtheilen, ob es bald vollſtändig ſein wird, oder ob es ſchon ſo weit iſt.

Auf dem Blechboden dieſes Kaſtens ſteht ein weites, ganz flaches Gefäß von ſchwarzem Eiſenblech, in welchem eine dünne Schicht Queckſilber liegt. Ein Thermometer ruht mit der Kugel darin, indeß das Rohr, in einem Kork eingeklemmt, aus dem Kaſten herausragt und alſo beobachtet werden kann, welche Temperatur das Queckſilber hat.

Den ſchrägen Pultdeckel dieſes Kaſtens bildet jetzt die Caſſette mit der jodirten Tafel, welche in der dunklen Kammer geweſen, der Schieber, welcher ſie gegen den Einfluß des Lichtes ſchützt, wird hinweggezogen, durch eine untergeſetzte Lampe wird das Queckſilber bis auf etwa 40 — 50 Grad erhitzt, dann wird die Lampe verlöſchen. Man entfernt jetzt die beiden ſchützenden Schieber von den Oeffnungen im Kaſten, läßt durch eine Oeffnung Licht auf die Platte fallen, durch die andere ſieht man, wie die Wirkung der Queckſilberdämpfe vorſchreitet.

Waſchen der Platte. Vergolden.

In dem Augenblick, wo man glaubt das Bild ſei vollendet, hebt man es ſammt ſeiner Caſſette von dem Queckſilberapparat ab, nimmt es aus der ſchützenden Umgebung (denn jetzt hat das Licht keinen Einfluß mehr darauf) und legt es in eine paſſende Schale, in welcher es mit einer Auflöſung von unterſchwefligſaurem Natron in Waſſer (im Verhältniß von

Digitized by Google

1 zu 11) eine kurze Zeit bedeckt bleibt, die Bildseite nach oben, „die Platte wird gewaschen."

Durch diesen Ausdruck lasse man sich jedoch nicht verführen, die Platte etwa abzuwischen, oder nur mit dem zartesten Pinsel zu überfahren, dies erträgt sie nicht — der chemische Prozeß genügt hier, es verbindet sich Jod und Brom mit dem Alkali und Beides bleibt in der Flüssigkeit gelöst, diese wird dann mit destillirtem Wasser weggewaschen und die Platte, durch eine kleine Zange gehalten, über einer Spirituslampe getrocknet, darauf aber gleich unter Glas gebracht, wenn man nicht vorzieht, sie noch zu vergolden, was allerdings sehr zweckmäßig ist und dem Bilde statt des bleiernen einen sehr schönen warmen, bräunlichen Ton giebt. Dies Vergolden ist eine sehr leichte Operation. Man legt die Platte horizontal, mit der Bildseite nach oben, auf vier Stützen, so daß unter derselben eine Weingeistlampe stehen kann. Auf die Platte gießt man eine sehr schwache Lösung von Goldchlorür in unterschwefligsaurem Natrum und verdampft unter schwacher Einwirkung der Flamme die Flüssigkeit. Hierdurch wird eine wirkliche Schicht Gold auf der Platte niedergeschlagen und unbeschadet der Klarheit kann man die Operation zweimal, dreimal wiederholen, es wird das Bild dadurch schärfer und erträgt eine geringfügige Reibung, je öfter die Vergoldung wiederholt wird, desto dunkler bräunlich, ja braun wird das Bild, zuletzt verliert es natürlich an Durchsichtigkeit, doch bis dahin wird Niemand diese Operation treiben.

Was hier vorgeht, indem das Licht und später das Quecksilber auf die jodirte Tafel wirkt, kann ungemein schön und möglichst unverständlich dargestellt werden, wenn man recht viel Worte einer fremdartigen Formelnsprache braucht und sich als Professor der Chemie gehen läßt, wenn man aber klar und einfach zu sein beabsichtigt, so ist die Erklärung ziemlich leicht und wohl faßlich. Da wo die mit Jod und Brombämpfen überlaufene Platte von dem Licht getroffen, ist der Jodüberzug zerstört und in ein Silberjod und Silberbrom verwandelt worden, er hat etwas metallisches erhalten, indessen auf den übrigen, nicht vom Lichte getroffenen Stellen das übergehauchte Jod das Silber wie ein feiner Firniß schützt.

Bringt man die so behandelte und durch das Licht theilweise verwandelte Platte über verdampfendes Quecksilber, so schlägt sich dies auf dem verwandten halb metallischen Theil (dem vom Lichte getroffenen) in unsichtbar feinen Perlchen nieder. Dieser Quecksilberniederschlag aber, eben weil er aus lauter Kügelchen besteht, wirft das Licht nach allen Seiten zurück und sieht also weiß aus — die nicht metallisch gewordenen Stellen des Bildes bekommen keinen solchen Anflug und bleiben also unverändert. Das soge-

Digitized by Google

nannte Abwaſchen, d. h. das Uebergießen mit unterſchwefligſaurem Natron hat eine Auflöſung des Jod zur Folge, es kann nunmehr vom Lichte nicht mehr berührt, nicht mehr verändert werden, es bleibt polirtes Silber, um ſo trefflicher für die Wirkung des Bildes, je reiner die Politur iſt. In der geeigneten Lage reflectiren die mit Queckſilber überzogenen Stellen weißes Licht, die mehr oder minder dunklen Schatten rühren von einer geringeren Menge auf dem Spiegel vertheilten Queckſilberkügelchen her und wo deren gar keine ſind, wird auch kein Licht zurückgeworfen, dort erſcheint die Tafel völlig ſchwarz und ſo bildet die Silbertafel den dunklen Grund, aus welchem die Zeichnung ſchattirt, durch mehr oder minder viel verdunſtetes Queckſilber hervortritt.

Das Vergolden dient nur zur Verſchönerung und zum Schutz der Zeichnung gegen das Verwiſchen.

Focus der chemiſchen Wirkſamkeit.

Denjenigen, welche Verſuche mit dem Aufnehmen von Lichtbildern machen wollen, müſſen wir noch ſagen, daß ſie nicht diejenige Stelle für das Bild in der Camera obſcura zu wählen haben, an welcher das Bild am klarſten und ſchärfſten hervortritt, ſondern daß, nachdem dieſe Stelle gefunden worden, der Kaſten mit der Glasplatte noch um ein Geringes, was von der Erfahrung abhängt, herausgezogen werden muß. Schon lange nämlich hat man bemerkt, daß die verſchiedenen Farben des Sonnenlichtes durchaus nicht gleich ſind hinſichtlich ihrer Wirkung, ſondern daß die violetten Strahlen die ſtärkſte Wirkung haben, die blauen ſchon beträchtlich weniger, die grünen nur noch äußerſt wenig, die gelben und rothen Strahlen aber faſt gar nicht.

Es tritt hier aber der merkwürdige Umſtand auf, daß, ſo wie die Wärme ſtärker iſt auf Seiten der gelben und rothen Strahlen, und über dieſelben hinaus, wo man keine Farbe ſieht, am lebhafteſten iſt, daß eben ſo umgekehrt die chemiſche Wirkung nach dem blauen und violetten Ende des Spectrums hin ſtärker wird, und über dieſes Ende hinausreicht, ja gerade außerhalb deſſelben am ſtärkſten iſt. Dieſe Polarität, welche uns lehrt, das ſtärkſte Licht im gelben, die ſtärkſte Wärme außerhalb des rothen Lichts des Spectrums zu ſehen, dieſe Polarität lehrt uns den Chemismus der Sonnenſtrahlen am entgegengeſetzten Ende des Spectrums, ja außerhalb deſſelben zu ſuchen, und darum muß man den Focus, welcher auf die Silberplatte wirken ſoll, außerhalb der Stelle ſuchen, wo das Bild am deutlichſten erſcheint, denn die rothen Strahlen ſind am ſtärkſten, die violetten

Digitized by Google

am wenigsten brechbar, der Focus der rothen liegt also dem Glase näher, der der violetten Strahlen entfernter von demselben.

Gefärbte Lichtbilder.

Becquerel und Campbell haben, unabhängig von einander, ein Verfahren erfunden, welches sie Heliochromie nennen, und bei welchem in der Laterna magika aufgefangene Bilder nicht blos hell und dunkel, sondern vollständig in den natürlichen Farben der Gegenstände erscheinen. Es hat zwar dies Verfahren eigentlich keinen praktischen Werth, da man die Silbertafel der Einwirkung des Lichtbildes 3 bis 6 Stunden aussetzen, und noch dazu der aufzunehmende Gegenstand auf das lebhafteste beleuchtet sein muß, allein es ist doch der Mühe werth, davon Kenntniß zu nehmen — Rom ist nicht in einem Tage erbaut, wie leicht kann namentlich ein Dilettant, der auch einmal gegen den Strich kehrt, und in einer anderen Richtung sucht als der Mann von Fach, der immer glaubt folgerichtig gehen zu müssen, etwas Bedeutendes finden. Der Galvanismus durch Aloys Galvani und ebenso der Elektromagnetismus durch Oersted ist auf diese Weise durch eigentliche Laien in dem Fache gefunden worden. — Niemand wird Galvani, wird Oersted einen Physiker nennen, und was der Letztere von der Physik wußte, hat er erst gelernt, nachdem er auf eine höchst unschuldige Weise berühmt geworden.

Becquerel bereitet seine silberplattirten Kupfertafeln auf folgende Art vor: An den positiven Leitungsdraht einer höchstens aus zwei Gliedern bestehenden, constanten Batterie befestigt man die Silbertafel, hängt sie in ein Glasgefäß und füllt dies mit einer sehr verdünnten Salzsäure (d. h. mit Salzsäure angesäuertem Wasser), worauf nun der Strom durch Platina schließt. Alsbald überläuft die polirte Silberfläche eine leichte Färbung, welche von einer äußerst dünnen Oxydschicht herrührt, es entsteht gelb, röthlich, purpurroth, violet, es vergeht dies Alles wieder, und beginnt von Neuem, im Verlauf von etwa einer Minute ist die Platte zum Zweitenmale schön Violet geworden — so wie dies geschieht, unterbricht man die Operation, nimmt die Platte heraus, spült sie mit destillirtem Wasser ab und trocknet sie über einer Weingeistflamme — dann aber setzt man die Erhitzung fort, bis das Violet der Platte in einen röthlichen Ton überzugehen beginnt, worauf man sie mit einem reinen Baumwollenbäuschchen ein wenig reibt, um sie glänzend zu machen.

Campbell nimmt statt der Salzsäure eine Auflösung von Kupferchlorid und Eisenchlorid in Wasser, und hängt auf die vorhin angegebene

Digitized by Google

Weise die Silberplatte als positive Elektrode in die Lösung. Es erfolgt eine Färbung der Platte, welche nach etwa 2 Minuten, wenn sie lilla erscheint, beendet ist, worauf sie mit destillirtem Wasser gewaschen, getrocknet und dann so lange immer mehr erhitzt wird (doch niemals über 100 Grad C) bis die Farbe, immer dunkler werdend, in ein schönes dunkles Kirschroth übergeht. Bevor man die Platte in die Camera obscura einsetzt, taucht man sie in eine schwache Lösung von Fluornatrium, wodurch man die Einwirkung des Lichtes beschleunigt und die Farben fixirt, allein trotz dieser Beschleunigung dauert es doch ein bis drei Stunden, bevor das Bild vollständig mit allen Farben wiedergegeben ist, dann soll allerdings die Erscheinung an das Wunderbare grenzen, denn nicht nur die Zeichnung, sondern die Farbe in jeder, auch der zartesten Nüancirung jedes Theiles des ausgesetzten Bildes oder sonstigen Gegenstandes, Blumenbouquet, ausgestopfter Papagei, Colibri — wird auf das Treueste und Genaueste wieder gegeben, und wenn es gelingt dies Verfahren so zu vervollkommnen, daß eine kürzere Zeit genügt und nicht mehr das Bescheinen des Gegenstandes durch das Sonnenlicht nöthig ist, so wird den Naturwissenschaften auf diesem Felde ein Darstellungsmittel eröffnet, wie es bis jetzt noch gar keines gegeben hat.

Talbotypie.

Durch den Engländer Talbot wurde die Kunst, Lichtbilder auf Papier zu entwerfen, erfunden und sie ist, so wie die erstgedachte nach Daguerre, so nach ihm benannt worden, in der Regel aber begeht man den Fehler, daß man die Talbotypie Photographie nennt — Photographieen sind alle auf diesem Wege erzeugten Bilder (Lichtzeichnungen), sie mögen auf Metallplatten, auf Papier, auf Leim, auf Collodium erzeugt werden, gleichviel — allein gegen den eingewurzelten Sprachgebrauch läßt sich nichts Wirksames mehr thun.

Talbot blieb, wie gesagt, auf dem einmal eingeschlagenen Wege, er wandte das Chlorsilber an, und dies ist noch jetzt der vorzugsweise wirksame Körper bei dieser Manier Lichtbilder zu erzeugen, allein es ist in neuerer Zeit gelungen eine viel größere Empfindlichkeit hervor zu rufen, als das Chlorsilber allein sie hat.

Das Papier, auf welchem die Lichtbilder entworfen werden sollen, muß ganz gleichmäßig dick, sehr eben, ohne Knoten, muß gut geleimt, aber ungeglättet sein, unter dem Namen photographisches Papier bildet es einen besonderen Handelsartikel. Bei diesem Papier giebt es eine rauhe und eine

Digitized by Google

glatte Seite. Diejenige nämlich, welche bei der Bildung auf dem großen Sieb gelegen hat, ist die rauhe, die obere dagegen, oder die Filzseite, auf welcher die Fasern durch das Wasser bewegt und endlich niedergelegt werden, ist die glatte Seite, diese wird vorzugsweise zur Aufnahme der empfindlichmachenden Salzlösung gewählt und muß daher bezeichnet werden; sollte sie sich nicht leicht erkennen lassen, so geschieht es, wenn man ein Stückchen von dem Papier in Wasser legt, einige Minuten darin liegen läßt und dann frei hängend trocknet, wobei die Siebnarben deutlich hervor treten.

In größeren Städten bekommt man die erforderlichen Reagentien sämmtlich in den Droguerieen oder in gut eingerichteten Apotheken käuflich, damit jedoch der freundliche Leser auch in der kleinsten Stadt in Stand gesetzt werde, die Versuche zu machen, welche höchst interessant sind, so wollen wir das Nöthige hier mittheilen.

Man erhält die Jodkaliumlösung (welche sehr viel zusammengesetzter ist als der Name vermuthen läßt) auf folgende Art: Ein Loth Jodkalium wird in 10 Loth destillirtem Wasser aufgelöst, diesem setzt man 5 Gran Fluorkalium, 5 Gran Bromkalium, 5 Gran Cyankalium, 5 Gran Chlorammonium und 5 Gran Blutlaugensalz zu. Die so erhaltene Flüssigkeit kann man filtriren, besser aber ist es, man klärt sie durch Absetzen. Sie muß, wie sich dies bei allen den lichtempfindlichen Präparaten von selbst versteht, im Finstern bereitet und im Finstern aufbewahrt werden. Dasselbe gilt von der Silberlösung, welche man erhält, wenn man 1 Loth salpetersaures Silber in 10 Loth Wasser auflöst, und der Flüssigkeit ein halb Loth sehr starker Essigsäure zusetzt (Andere nehmen Kochsalz, wodurch eben das Chlorsilber aus dem salpetersauren Silber gebildet wird), worauf sie filtrirt und zum ferneren Gebrauche aufbewahrt wird.

Tränken des Papiers.

Das für die Aufnahme des einzelnen Bildes gewählte Papier wird in solche Stücke zerschnitten wie die Camera obscura und die dazu gehörigen Copirrahmen es verlangen, und dann wird für jede Operation das zu brauchende Stück besonders bereitet, empfindlich gemacht.

Man muß mehrere ganz flache Glas- oder Porzellangefäße von viereckiger Form haben, wie man dieselben in den größeren Porzellanhandlungen erhält, für jedes Format des zu den Lichtbildern bestimmten Papiers braucht man eine besondere, immer um einen halben Zoll jederseitig größere Schale. Hat man die nöthige Zusammenstellung gemacht, so gießt man die Jodkaliumlösung, etwa einen Viertelzoll hoch, in die Schale, nimmt

Digitized by Google

das Papier an zwei einander gegenüber liegenden Ecken, so daß es mit den beiden anderen Ecken gewölbt niederhängt und senkt es so in die Schale. Die hängenden Ecken bilden die eine Diagonale, die von den Fingern gefaßten bilden die andere Diagonale, beim Einsenken in die Flüssigkeit, welche in einem viereckigen Gefäß steht, muß man es natürlich so machen, daß Diagonale auf Diagonale trifft, weil sonst die Papierecken auf den Rand des Gefäßes kommen und also nicht benetzt werden würden. Hat man die nöthige Richtung genommen, und taucht die ganze Rundung des gekrümmten Blattes in die Flüssigkeit, so senkt man nach und nach die beiden anderen Abschnitte des Papiers, das man an den Zipfeln hält, so weit hernieder, bis Alles flach auf der Flüssigkeit schwimmt. Es ist nicht ganz leicht dies zu beschreiben oder der Beschreibung zu folgen, darum wollen wir nur sagen, daß es darauf ankommt, das Papier auf einer, und zwar auf der Filzseite zu benetzen, es darf also nicht durch die Flüssigkeit gezogen werden; ferner muß die Benetzung eine durchgehends gleichmäßige sein und es darf nirgends zwischen dem Papier und der Flüssigkeit eine Luftblase bleiben.

Hat man das Papier auf solche Weise schwimmend eine Minute (nach manchen Vorschriften kaum fünf Secunden) auf der Flüssigkeit liegen lassen, so wird es eben so vorsichtig abgehoben, die abhärirende Flüssigkeit läßt man abtropfen, legt die Rückseite auf eine Spiegeltafel und deckt auf die nasse Seite ein Blatt von ungeleimtem Maschinenpapier, welches man mit einem glatt zusammen gelegten Tuche gelinde andrückt, so daß es die überflüssige Feuchtigkeit hinwegnimmt. Nach dem Entfernen desselben hebt man das Papier wieder, so wie zuerst beschrieben, an zwei einander gegenüber liegenden Zipfeln auf und taucht es nun in eine zweite Porzellanschale, in welcher die Silberlösung befindlich und läßt es auch hier eine Minute lang liegen (auf der Oberfläche schwimmen), worauf es nach dem Ablaufen und leichtem Uebertrocknen zur Benutzung in der Camera obscura fertig ist.

Expositionsrahmen.

Bevor wir zu dieser Operation gehen, müssen wir den Rahmen beschreiben, in welchem die Exposition vor sich gehen soll. Für jede Größe der Lichtbilder braucht man eigentlich eine besondere Camera obscura, in einer kleinen kann man niemals große Bilder machen, in einer großen nur unter gewissen Modificationen kleine; deßhalb nämlich, weil es von Wichtigkeit ist, so viel Licht als möglich zur Thätigkeit zu bringen, was nicht

Digitized by Google

geschieht, wenn man durch eine große dunkle Kammer ein kleines Bild entwerfen will, wobei der Gegenstand fern von dem Objectivglase stehen muß, indessen seine Nähe an demselben die erste Bedingung für eine kräftige Lichteinwirkung ist. Für leblose Gegenstände ist es ganz gleichgültig wie weit sie sind, was in 10 Secunden nicht gelingt, nun das geht in einer Minute oder in einer Viertelstunde — anders ist es für das Portrait, worauf diese Kunst doch vorzugsweise verwendet wird, kein Mensch kann eine ganze Minute vollkommen regungslos sitzen.

Wollen wir nun auch von einer dunklen Kammer für jedes Format abgehen, und allenfalls drei Formate für eine gestatten, so muß doch jedes Format einen besonderen Rahmen haben. Man stelle sich nun einen solchen Rahmen vor, wie er für Kupferstiche unter Glas erforderlich, doch mit einer viel tieferen Nute. Auf der einen Seite des Rahmens muß in demselben ein Schlitz geschnitten sein, welcher den Schieber aufzunehmen im Stande ist, der das ganze Bild zudecken muß; dann kommt ein möglichst dünnes, farbloses Spiegelglas, welches so weit hinter dem Schieber steht, daß dieser beim Auf- und Zuschieben das Glas nicht berührt. Auf dieses Glas breitet man das präparirte Blatt Papier aus, mit der befeuchteten Seite nach demselben gerichtet. Nun schließen wir bei einem Kupferstich diesen Rahmen, jedoch nicht durch ein Stück Pappe oder ein Brett, sondern durch eine Spiegelscheibe von recht dickem Glase, welche mit Baumwollensammet überzogen ist. An den vier Ecken des Rahmens sind Klammern angebracht, vermöge deren man diese zweite Platte an die erste andrücken und so dem Papiere eine, die vordere Glastafel nicht gefährdende Spannung geben kann, welche nöthig ist, damit es gerade liegt, keine Wellen macht, deßhalb verfährt man bei dem Auflegen auf die durchsichtige Glastafel auch so, als wollte man das Papier wieder auf einer Flüssigkeit schwimmen lassen, hütet sich sehr, daß nicht Blasen zwischen dem Papier und dem Glase entstehen, und bewirkt das dichte Anschließen durch einen leisen Druck mit einer breit zusammen gelegten Serviette, worauf die mit Sammet überzogene Tafel das Festhalten in dieser Lage sehr leicht bewirkt.

Das Einlegen des Papieres in die Cassette, in den Rahmen, geschieht unter Ausschließung alles Tageslichts, bei dem gemäßigten Scheine einer Kerze oder kleinen Lampe, und mit vorgeschobenem Schieber wird der Apparat in die dunkle Kammer gesetzt, nachdem dieselbe in die richtige Stellung zu dem aufzunehmenden Gegenstande gebracht worden und nichts mehr geändert zu werden braucht.

Je nach der Stärke des Lichtes, der Größe des Objectivglases und der Nähe des Gegenstandes wird die Dauer der Ausstellung 4 Sekunden

Digitized by Google

bis ½ Minute betragen, dies ist Sache der Erfahrung, ein Jeder muß durch zahlreiche Versuche die rechte Dauer ermitteln.

Hervorrufen des Bildes.

Es wird jetzt, wenn man das Bild aus der Cassette nehmen wollte, noch nicht viel, kaum eine leise Schattirung zu sehen sein, das Bild muß erst hervor gerufen werden. Dies geschieht auf folgende Art:

Man trägt die geschlossene Cassette mit vorgeschobener Lade in das dunkle Laboratorium, hier öffnet man die Riegel, nimmt die mit Sammet bezogene Spiegeltafel heraus und dann auch die Glastafel, auf welcher das Bild haftet und trennt dies nun behutsam vom Glase, was durch Unterschieben eines Fingernagels an einer Ecke ganz leicht geht, nur im Ganzen so behutsam vorgenommen werden muß, daß das Papier nicht zerrissen wird.

Das Hervorrufen des Bildes fordert ein Benetzen desselben mit Gallussäure. In eine flache, viereckige Porzellanschale, von etwas mehr als der Größe des Papiers, wird eine concentrirte Auflösung der Gallussäure, jedoch in so geringer Menge gegossen, daß nur gerade der Boden bedeckt ist. Auf diese bringt man das Papier mit der schon früher benetzten Seite, auf welcher das Chlorsilber abgelagert ist und läßt es so lange in Berührung mit der Säure, bis das Bild in all seinen Theilen und in der feinsten Ausführung sichtbar ist. Um dies zu erfahren, muß man einen und den anderen Zipfel des Papiers aufheben und beim Scheine eines Lichtes (nicht des Tageslichtes) besehen, wenn die hellesten Lichtpunkte vollkommen schwarz erscheinen, die weniger hellen dunkelgrau, dann hellgrau, endlich die eigentlichen tiefen Schattenpartien ganz weiß sind, dann ist es Zeit an das Herausnehmen aus der Gallussäure zu denken und man hat jetzt das sogenannte negative Bild, welches etwa aussieht wie eine weiße Zeichnung auf schwarzer Tafel.

Es ist nunmehr nöthig das Papier so zu behandeln, daß es die Empfindlichkeit gegen das Licht verliert, diese nämlich hat es noch immer in einem solchen Grade, daß wenn man das Blatt dem Tageslichte aussetzte, man Anfangs die Zeichnung wahrnehmen, sie sich jedoch nach und nach immer mehr in grau und zuletzt in ein schwärzliches Violet verlieren sehen würde, bis man nichts mehr von ihr unterscheiden kann. Es muß daher eine chemische Veränderung mit dem empfindlichen Chlorsilber vorgenommen werden — die Gallussäure hat nichts bewirkt als durch ihre Verbindung mit dem, von dem Tageslichte beschienenen Chlorsilber das Bild hervor zu rufen — es muß irgend ein Alkali dazu gebracht werden, welches sich mit den Säuren,

Digitized by Google

mit dem Chlor verbindet und dadurch die Empfindlichkeit des Präparates zerstört. Man nimmt deßhalb das Bild aus dem Gefäß mit der Gallussäure und legt es in eine ähnliche viereckige, aber trockene Schale, gießt destillirtes Wasser verschiedene Male darauf, und wendet auch allenfalls einen breiten, sehr zarten Haarpinsel an, um das Waschen sicherer zu bewerkstelligen, da aber bei diesem Waschen die Bildseite oben ist, so muß doch die größte Vorsicht bei Handhabung des Pinsels angewendet werden, damit nicht feine Schattirungen zerstört werden.

Hat man das Waschen beendet, das Wasser ablaufen lassen, so gießt man auf das in der Schale bleibende Bild eine Auflösung von unterschwefligsaurem Natron in dem zehnfachen Gewicht Wasser. Chlor und Jod werden hierdurch aufgenommen, aus dem Papier entfernt, in Folge dessen dieses überall, wo kein Chlorsilber reducirt worden (also in den Schattenparthien) weiß wird, während es vorher durch das Jod gelb, ja bräunlich gefärbt erschien.

Ist dies geschehn, so wird das Papier nach Entfernung der Lösung mit Wasser mehrmals gewaschen, auch auf der Rückseite, denn es darf eben so wenig freies Natron als freies Jod oder Chlorsilber darauf bleiben, und dann zuerst zwischen Fließpapier leicht und dann an der Luft vollständig getrocknet.

Es muß wiederholt werden, daß alle diese Operationen bis auf die letzte des Trocknens, bei Lampenlicht vorgenommen werden müssen — wenn aber das Bild aus der Natronlösung genommen ist, darf es unbedenklich nicht nur dem Tageslicht, sondern dem hellsten Sonnenschein ausgesetzt werden, es verändert sich nun nicht mehr. Allein was haben wir denn? ein gänzlich unbrauchbares, ein abscheulich aussehendes Bild mit schwarzer Stirn und weißen Haaren, mit dunklen Wangen und hellen Lippen, mit einem schwarzen Halse und einer weißen Cravatte, ja betrachtet man die Details mit einer Loupe, so sieht man einen weißen Augenstern, in einem schwarzen Kreise, umgeben von braunen Augenlidern mit weißen Wimpern, überschattet von weißen Augenbrauen auf der schwarzen Stirn! — das sieht gefährlich häßlich aus und kein Mensch wird ein solches Ding als ein Portrait annehmen — den Photographen bleibt nichts übrig als dies Bild in ein umgekehrtes zu verwandeln. Man nennt dies ein negatives Bild, und das verlangte und noch zu machende heißt das positive.

Digitized by Google

Das positive Bild.

Um ein solches Bild zu gewinnen, muß vor allen Dingen das negative Bild hinlänglich durchscheinend gemacht werden, dies geschieht dadurch, daß man eine Auflösung von weißem Wachs in Terpentin bereitet, welche sehr dickflüssig ist, sich jedoch bei der nöthigen Erwärmung mit einem Pinsel, oder beinahe noch besser, mit einem Schwämmchen leicht auftragen läßt. Man erwärmt eine Kupferplatte (einen alten unbrauchbaren, aber als Kupfertafel noch gerade und glatt gebliebenen, nicht verbeulten Kupferstich) über der Spirituslampe, so daß man sie, ohne sich zu verbrennen, nicht mehr berühren kann, legt sie auf ein Stück Flanell und oben auf die glatte Seite ein großes Stück Seidenpapier (größer als das Bild), das Bild aber, die negative Lichtzeichnung wird auf dieses gebreitet und auf der Rückseite mit der, durch die Hitze der Platte dünnflüssig werdenden Wachsmasse überstrichen. Das muß zwar schnell, aber doch mit solcher Sorgfalt geschehen, daß die Wachsmasse sich überall gleich verbreitet, das Bild überall gleich durchsichtig erscheint, hat es irgendwo Streifen, irgend welche Fehler, Ungleichheiten in der Durchsichtigkeit, so copiren sich diese auf das Getreueste beim Uebertragen in das positive Bild, es ist gerade deßhalb diese leicht schmelzbare Masse zu empfehlen und jener, aus Wachs und Talg zusammengesetzten vorzuziehen, welche die Wiener Photographen anwenden, indem bei dieser das Streifigwerden beinahe nicht zu vermeiden ist, ja der Verfasser glaubt sogar sagen zu dürfen, daß reines Leinöl oder Mohnöl das beste Material sei, weil dies wirklich so gleichmäßig zu verbreiten ist, daß selbst das Auge der Sonne, welches in dieser Hinsicht sehr scharf ist, dergleichen Fehler nicht entdeckt, nur muß man die Blätter nicht verschließen, sondern Luft und Licht zugänglich lassen, weil sie sonst gelb werden, was dann wieder von Einfluß auf das positive Bild ist, indem, durch die gelbe Farbe gedämpft, das Licht die Schattenparthien nicht vollkommen so dunkel macht, als wenn das Papier des negativen Bildes weiß wäre.

Hat man nach einem oder dem anderen Verfahren das negative Bild durchscheinend gemacht, so legt man es auf empfindliches Papier und setzt Beides dem Sonnen- oder Tageslichte aus, allein das empfindliche Papier muß erst bereitet werden. Es geschieht folgendermaßen: Jedes glatte, weiße und von Knoten freie Maschinenschreibpapier ist dazu geeignet. Man gießt in eine flache Porzellanschale, größer als das Bild, eine Auflösung von Kochsalz in destillirtem Wasser (1 Loth Salz auf 40 Loth Wasser) und läßt das Papierblatt darauf schwimmen, mit Vorsorge, daß es auf der

Digitized by Google

einen Seite ganz benetzt werde und keine Luftblasen zwischen Papier und Salzwasser kommen. Hat man das Blatt ein bis zwei Minuten so liegen lassen, so wird es abgenommen, zwischen Fließpapier gebracht und durch gelinden Druck einer Presse getrocknet, ein Augenblick des Anziehens der Presse genügt — zwei starke recht gerade Buchbinderbretter, ohne allen anderen Apparat als die Hände, genügen auch.

Nach Entfernen des Fließpapieres wird das feuchte Blatt eben so auf eine Lösung von einem Theil salpetersauren Silbers in zehn Theilen Wasser gelegt; auch hier schwimmt es eine Minute oder anderthalb, dann wird es ebenso behandelt wie vorher, gelind zwischen Fließpapier gedrückt, dann kommt es abermals in Salzwasser und dann schließlich nochmals in die Lösung von salpetersaurem Silber. Es hat dies zum Zweck, das aufgelöste und an dem Papier haftende salpetersaure Silber durch das Chlor des Chlornatriums, d. h. des Küchensalzes, in Chlorsilber zu verwandeln, welches das für Licht empfindliche Präparat ist.

Exponiren.

Dies Papier, welches zwar wiederholt sorgfältig zwischen Fließpapier getrocknet, aber doch immer noch feucht erhalten ist, wird nun zur Aufnahme des Lichteindrucks verwendet. Auf die dünne Glasplatte des vorhin beschriebenen Rahmens (der Cassette) wird das negative Bild mit der Rückseite gelegt, auf die Bildseite legt man das empfindliche Papier, hierauf ein oder zwei Blätter gutes, ganz ebenes Schreibpapier, dann die mit Sammet bezogene Glasplatte, und nun schließt man Alles zusammen durch die auf der Rückseite befindlichen Klammern oder Riegel, zieht den undurchsichtigen Schieber hinweg und setzt die Cassette dem Sonnen- oder dem Tageslichte aus — der Sonne nur einige Minuten, dem Tageslichte 15—20 Minuten oder noch länger, je nachdem dasselbe hell ist, welches natürlich ausprobirt werden muß.

Dem Sonnenlicht ausgesetzt wird die Copie vortrefflich scharf, jedes Härchen der Zeichnung löst sich von dem benachbarten Härchen los, durch ein gutes Mikroskop kann man die Haare der Augenwimpern zählen, allein es ist sehr schwer den rechten Zeitpunkt, in welchem man die Einwirkung unterbrechen muß, zu treffen. Das Sonnenlicht wirkt so energisch, daß ein Augenblick zu viel das ganze Bild verderben kann, die Copie natürlich, denn dem negativen Bilde kann sie nichts mehr anhaben. Man zieht es deshalb vor, etwas weniger Schärfe in den Linien (was ja auch nur bei einer Untersuchung mit dem Mikroskop auffällt) und dafür mehr Sicherheit für das

Digitized by Google

Gelingen zu haben, indem es bei der Einwirkung des zerstreuten Tageslichts eher möglich ist das rechte zu treffen — natürlich ist ein Untersuchen, ob die Lichtwirkung bereits stark genug war und ein Fortsetzen der Operation, wenn es noch nicht so weit — nicht möglich, weil es factisch unmöglich ist, die beiden Blätter wieder genau so aufeinander zu legen, wie sie zuerst gelegen haben, und weil die geringste Abweichung von dieser Lage ein zweites Bild neben dem ersten hervorrufen würde, man ist also auf den Zufall angewiesen, ob die Copie gelungen ist oder nicht, man hat keinen Maßstab für das Gelingen, man weiß nicht ob sie fertig oder nicht; allein bei direktem Sonnenlicht sind die Grenzen, zwischen denen das Gelingen liegt — die Stelle, wo das Bild noch nicht fertig ist und diejenige, wo es bereits über das Fertigsein hinaus ist — sehr viel enger gezogen als bei der Operation im zerstreuten Licht, man wählt daher dies lieber zum Copiren. Unter allen Umständen wird man aber sehr wohl thun, sich aus seinen eigenen Erfahrungen eine Skala zu entwerfen — bei diesem — bei jenem Wetter — am Mittag — am Morgen — braucht man zum Copiren so und so viel Zeit, so hat man doch wenigstens einen schwachen Anhaltspunkt.

Nöthige Vorsichtsmaßregeln.

Von großem Einfluß ist die Reinheit des Himmels, je klarer dieser ist, desto lichtreicher ist der Tag und desto schneller geht das Copiren vor sich, es wäre daher wohl möglich, daß ein von Sauſſure erfundenes Instrument, das Cyanometer, hier gute Dienste leistete, dasselbe besteht in einer kreisförmigen Tafel, worauf in vielen Segmenten die Abstufungen des Blau des Himmels vom Hellsten bis zum Dunkelsten aufgetragen sind — der ganz weiße Himmel ist der gänzlich von lichtem, zusammenhängendem Gewölk bedeckte, das Indigoblaue ist der vollkommen klare, wolkenlose Himmel, wie er kaum an sehr heiteren Tagen auf Bergen von mehr als 10 bis 12000 Fuß Höhe gesehen wird, für unsere niedere Region dürfte man natürlich lange nicht so weit gehen, es würde wohl die Hälfte der Abstufungen genügen und man könnte darauf gestützt, und diese künstlichen Farbenstufen mit denen des Tageshimmels vergleichend, ermitteln, wie viele Minuten man zur Vollendung einer Copie brauche, wenn der Himmel ganz weiß ist, wie viel, wenn er das Blau Nr. 1, Nr. 2, Nr. 10 u. s. w. zeigt, jedenfalls würde man so sicherer operiren, als wenn man sich seinem Instinkt überläßt — jetzt wird es wohl gut sein — denkend. Das ist dann ungefähr so, als wenn Don Quixote seinen einmal zerschlagenen und geflickten Helm nicht mehr probirt, sondern sagt: „nun wird er wohl halten."

Digitized by Google

Hat man die Copie gemacht, das positive Bild gut und der Aufbewahrung werth befunden, so muß nun auch dieses fixirt werden; das geschieht dadurch, daß man es aus dem Copirrahmen herausnimmt, und es in eine Auflösung von 2 Loth unterschwefligsaurem Natron nebst ½ Loth Kochsalz in 20 Loth Wasser legt und darin so lange liegen läßt, bis das Bild an Kraft und Schärfe, an Tiefe des Tones nicht mehr zunimmt. Man wäscht es alsdann mit Wasser ab, ja man läßt es wohl eine halbe Stunde in reinem Wasser liegen, trocknet es dann zwischen Fließpapier und wäscht es nochmals mit neuem (nicht dem schon gebrauchten) Wasser aus und wiederholt es, bis man glaubt alles Natron entfernt zu haben; ist nämlich dies nicht der Fall, so dauert die Wirkung des Alkali auf das Chlorsilber fort und das Bild verliert immer mehr von seiner Kraft und wird endlich ganz blaß.

Der freundliche Leser, welcher uns bis hierher gefolgt ist, wird wohl bemerken, daß dieses ganze Verfahren nicht weniger umständlich ist als das Daguerre'sche zur Erzeugung von Bildern auf Metallplatten, aber es haben doch die Photographien auf Papier einen großen Vorzug vor allen anderen darin, daß die Bilder einem Kupferstich in Kreidemanier ähnlich sehen und daß man sie in jeder Lage, in jeder Beleuchtung sehen kann, indeß es für die Daguerrischen Platten immer nur eine einzige Richtung giebt, in der man die Zeichnung sieht, diejenige, wo sich in der Platte ein dunkler Hintergrund spiegelt, findet dies nicht statt, so sieht man das negative Bild. Nächstdem sind, wenn man einmal auf die Sache eingerichtet ist, alle diese Operationen nicht so weitläufig, als sie sich in der Beschreibung machen.

Niepçotypie.

Gleichzeitig mit Daguerre und Talbot beschäftigte sich ein Herr Niepce de St. Victur mit Festhaltung der Bilder einer Camera obscura, auch gelangte er zu sehr schönen Resultaten, nur kam ihm Daguerre in der Bekanntmachung der seinigen zuvor. Jetzt aber, wo man ein Verfahren mit dem anderen vergleichen kann, hält man das von St. Victur eingeschlagene für das beste und die Lichtbilder werden fast alle auf diesem Wege gemacht.

Niepce de St. Victur macht nicht Papier durchsichtig wie Glas, um die negativen Bilder in positive zu verwandeln, er nimmt lieber gleich eine Glastafel zur Erzeugung des negativen Bildes, damit erspart er mehrere unbequeme Operationen. Man macht sich Stärkekleister, oder man

Digitized by Google

nimmt Eiweiß, oder man nimmt Leim, um damit die Glastafel, auf der die Bilder erzeugt werden sollen, zu überziehen — allein eines wie das andere fordert eine langwierige unangenehme Behandlung, und man ist daher schließlich zu dem allerbesten Material, zu dem Collodium übergegangen, zu der Schießbaumwolle, welche in Aether aufgelöst, eine leimartige Masse giebt, die sich sehr schön verbreiten, gleichmäßig auftragen und dann zu Lichtbildern benutzen läßt, wie kein anderes Material.

Das Collodium wird in jeder Droguenhandlung gefunden, und auch schon wie es der Photograph braucht, mit Jod versetzt. Dasselbe muß Syrupsconsistenz haben. Es wird auf die, zur Aufnahme des Bildes bestimmte Glastafel, welche vorher auf das Sorgfältigste gereinigt worden, in der Mitte aufgegossen, und die Tafel wird alsdann so geneigt, daß die zähe Flüssigkeit sich überallhin gleichmäßig verbreitet, dann stellt man die Glastafel schräge und mit einer ihrer Ecken nach unten, auf die Flasche mit Collodium und läßt das Ueberflüssige dahinein zurücklaufen; eine Verunreinigung findet (falls die Glastafel rein war) dabei durchaus nicht statt — etwas Aether geht verloren, und da dieser das Auflösungsmittel ist, so wird die Flüssigkeit nach und nach etwas dicker, nun dann setzt man etwas Aether zu und der Schade ist geheilt.

Sobald die Collodiumschicht eine solche Consistenz erreicht hat, daß sie eine nicht mehr spiegelnde, sondern matte Oberfläche zeigt, und daß der sie berührende Finger ganz leicht an dieser Oberfläche haftet, so ist so viel Aether verdunstet, daß man die übrigen Operationen vornehmen kann, denn es kommt darauf an, daß die empfindliche Schicht feucht bleibe, sobald sie trocken ist, nimmt sie viel schwerer die Lichteindrücke an, daher man auch bei den Lichtbildern auf Papier dieses immer im halbnassen Zustande auf die Glastafel und so in die Camera obscura bringt.

Empfindlich machen.

Die feuchte Collodiumschicht wird in die Silberauflösung gelegt und so lange darin gelassen, bis sie genug von dem salzsauren Silber aufgenommen, um gegen die Lichteindrücke empfindlich zu sein — wie lange das währt, muß ein jeder mit der ihm zugänglichen Collodium- und Salzauflösung ausprobiren, man kann dafür keine Regel aufstellen, wohl aber unterliegt das Eintauchen in die Flüssigkeit einer solchen, das Ueberlaufen damit muß auf einmal geschehen, man kann also die Chlorsilberlösung nicht über die Glastafel gießen, auch nicht die Glastafel auf dieselbe legen, als wolle man sie darauf schwimmen lassen, wie das Papier zu den Photographien,

Digitized by Google

denn falls man dieses thäte, würden Wellen auf der Platte entstehen und dieselben verschiedene Grade von Empfindlichkeit zeigen, oder beim Schwimmen würden Blasen entstehen, wohin das Silbersalz gar nicht gelangt, welche also auch gar keinen Lichteindruck annehmen, es muß mithin eine andere Methode gefunden werden, und eine solche ist gefunden, und wird jetzt als die beste ausschließlich aller andern befolgt.

Statt flacher Gefäße von viereckiger Form, nimmt man ganz schmale, aber sehr hohe Gefäße. Man stelle sich ein fingerdickes aufrecht stehendes Octavbuch, bei größeren Lichtbildern ein Quartbuch, ein Foliobuch, immer nur fingerdick vor, so wird dieses die Gestalt sein, welche das Gefäß haben muß, oben offen, an zwei Seiten große Flächen, an zwei Seiten sehr schmale, unten ein eben so schmaler Boden. Da die Gefäße aufrecht stehen sollen, so muß der Boden, welcher innerlich einen kaum fingerbreiten Raum schließt, doch äußerlich so breit und zugleich an Masse so schwer sein, daß dadurch das Gefäß befähigt ist, aufrecht und ziemlich fest zu stehen.

In dieses Gefäß kommt die Silbersalzauflösung und die Glastafel, welche mit Collodium überlaufen ist, wird, an zwei Ecken mit Schnüren versehen, schnell senkrecht in die Flüssigkeit hinab gelassen. Es muß in einem ununterbrochenen Zuge geschehen, wenn man auf dem Wege die Tafel eine Secunde lang ruhen läßt, so giebt es dort einen Streifen, der sich im Lichtbilde und bei der Uebertragung desselben auf das positive Papier zeigt.

Ferneres Verfahren.

Hat man die Collodiumtafel während der durch Versuche nach der Uhr ermittelten besten Zeitdauer in der Flüssigkeit gelassen, so wird sie nun eben so vorsichtig und in einem ganz gleichmäßigen Zuge herausgenommen, auf eine Ecke gestellt, damit die unnöthige Flüssigkeit ablaufe, dann auf der Rückseite und an den Rändern betrocknet und nun in die Cassette und mit dieser in die dunkle Kammer gebracht.

Die hierzu erforderliche Cassette gleicht, bis auf die dünne, durchsichtige Glastafel ganz derjenigen zu den Papierbildern, sie hat vorn einen Schieber, auf der Rückseite ist sie entweder durch eine mit Sammet überzogene Spiegelglastafel oder auch durch Holz geschlossen, an Stelle der durchsichtigen Tafel aber kommt die, mit Collodium und mit Chlorsilber überzogene und zwar mit dem Ueberzug gegen das Objectiv der Camera obscura gekehrt. Der Schieber, welcher die empfindliche Glastafel gegen das Licht schützt, muß für diese Art von Arbeit ganz besonders leicht gehen und darf die

Digitized by Google

Glastafel durchaus nicht berühren; für die Photographien würde dies nichts schaden, denn da ist das Papier durch die durchsichtige Glastafel geschützt, für den Collodiumüberzug muß es aber vermieden werden, indem er durch das leiseste Berühren verletzt, durch ein daran Vorbeistreichen des Schiebers aber zum Theil von dem Glase abgelöst werden würde.

Die Expositionszeit ist auch hier Erfahrungssache, und es läßt sich noch nicht einmal eine Grenze angeben, wie etwa: ¼ bis eine ganze Minute; denn bisweilen ist 15 Secunden schon zuviel, ein ander Mal ist eine Minute noch zu wenig. Glaubt man den rechten Zeitpunkt getroffen zu haben, so wird mit einem schnellen Schlage der Schieber der Cassette herabgedrückt, dann die Cassette herausgenommen und in das dunkle Laboratorium gebracht und nun das Uebrige so wie alle vorher gehenden Operationen im Dunklen vollendet.

Das erste ist das Hervorrufen des Bildes, das wie bei der Talbotschen Manier durch Gallussäure geschieht, man löst von der krystallisirten Säure 12 Gran in 16 Loth Wasser auf und setzt zu dieser Lösung ein Loth Essigsäure (concentrirte). Hierbei ist nicht nöthig, die Vorsicht anzuwenden, wie beim Eintauchen in die Chlorsilberlösung, es genügt, daß man eine Schale habe, groß genug um die Collodiumtafel ganz aufzunehmen, worauf man die Gallussäure-Lösung an einer Ecke eingießt und darauf sieht, daß sie nach und nach die ganze Glastafel überläuft, man kann es auch so machen, daß man die Lösung zuerst in die Porzellanschale gießt und dann die Glastafel schräg hinein schiebt, bis sie auf dem Boden liegt und ganz von der Gallussäure überlaufen ist. Es versteht sich von selbst, daß immer die Bildseite oben sei, indem sie sonst durch Berührung mit dem Material der Schale zerstört werden würde.

Die Platte wird nun mit Wasser abgespült und dann wird dazu geschritten, das Bild zu fixiren, dies geschieht durch Einlegen in eine Auflösung von unterschwefligsaurem Natron oder von Bromkalium. Das Erstere ist das Einfachere, es ist auch leichter zu haben, indem es einen viel allgemeiner gebräuchlichen Handelsartikel bildet. In dieser Flüssigkeit läßt man das sichtbar gewordene Collodiumbild liegen, bis das gelbe Jodsilber gänzlich neutralisirt worden ist. Abermals wird das Bild gewaschen und dann schräg aufrecht hingestellt zum Ablaufen und zum Trocknen.

Gewinnung des positiven Bildes.

Jetzt ist die Collodiumschicht und die Versilberung darauf völlig unempfindlich gegen Lichteindrücke und man kann das negative Bild unbedenk-

Digitized by Google

lich der Sonne aussetzen, es wird nicht mehr verändert, allein wenn man durch dasselbe ein positives Bild haben will, so muß zurückgewiesen werden auf dasjenige, was über die zu rasche Wirkung der Sonnenstrahlen bei Gelegenheit der Papierbilder gesagt worden ist. Das Verfahren ist nämlich hier ganz genau dasselbe wie bei den Talbotypien, man wendet dasselbe Papier mit denselben Vorbereitungen an, allein da die Glastafel mit dem darauf haftenden Collodium viel durchsichtiger ist als man das Papier durch Wachs oder durch Oel machen kann, so ist der Einfluß der Sonne noch viel kräftiger, die Zeit der Exposition noch viel kürzer und man hat also hier noch mehr wie bei den Papierbildern Ursache, das Operiren im Sonnenschein zu unterlassen.

Einen besonderen Vortheil gewähren noch die Collodiumbilder, man tappt bei der Erweckung des positiven Bildes nicht mehr ganz im Dunkeln, man hat eine Möglichkeit die Sache zu beurtheilen, durch Ansicht des Bildes zu entscheiden, ob es denn nun fertig ist oder nicht. In der Camera obscura sind die Schattenpartien ganz unverändert geblieben, an diesen Stellen also ist das Glas so vollkommen durchsichtig wie Glas überhaupt ist, und die Wirkung des Lichtes auf das empfindliche Copirpapier ist möglichst energisch. Wenn man nun einige Aufmerksamkeit auf die Arbeit verwendet, so wird man bald wahrnehmen, wie die Ansicht des Bildes im Copirrahmen sich verändert (die Cassette, wie sie benutzt wurde, um die Collodiumtafel in der Camera obscura aufzunehmen, kann auch dienen, das Copiren zu bewerkstelligen), zuerst sieht man deutlich das negative Bild auf hellem Grunde, ein weißes Kleid und einen schwarzen Busen, ein helles Armband auf einem schwarzen Arm — allmählig verdunkelt sich die helle Farbe des hinter der Glasplatte liegenden empfindlichen Papiers, wo die durchsichtigen Stellen des Glases sind (auf den Schattenpartien des Bildes), da wird das dahinter liegende Papier grau, bräunlich, schwärzlich, indeß diejenigen Stellen des mit Collodium überzogenen Glases, welche das negative Bild geben, sich nicht verändern — es geht aber nach und nach die Farbe des positiven Papieres in die der Stellen des negativen Bildes über, und sobald man dies findet, sobald die Glasplatte über und über einen ziemlich gleichmäßigen Ton zeigt, so ist das positive Bild vollendet, das Copiren wird durch Vorbringen des Schiebers unterbrochen. Ist die Farbe der früher durchsichtigen Stellen, an denen man das weiße Papier durch das Glas hindurch sehen konnte, dunkler geworden als die dunklen Stellen des Collodiumbildes, so ist das positive Bild verbrannt und man muß die Arbeit von Neuem anfangen, zum Glück schadet es dem negativen Bilde nichts, mittelst dessen man das Copiren immer wiederholen kann, so

Digitized by Google

oft man will. Wenn die Tinten der früher weißen Stellen des positiven Papiers noch nicht so dunkel geworden sind, als die anderen Stellen erscheinen, so ist das Bild noch nicht vollendet, wie man leicht sehen wird, wenn man dasselbe in diesem Stadium aus dem Copirrahmen herausnimmt — es ist alsdann natürlich eben so gut unbrauchbar als das verbrannte, denn es ist mit demselben auch nichts anzufangen, es noch einmal dem Lichte auszusetzen, ist unmöglich, weil man außer Stande ist, die Glasplatte genau so gegen das Papier zu stellen, wie es früher gewesen. Durch einige Uebung und ein fünf bis sechsmaliges Mißlingen kommt man nach und nach dahin, daß jede Copie gelingt, man bekommt Tact, man bekommt eine Sicherheit in der Beurtheilung des Farbentones, welchen man abzuwarten hat, um eine gute Copie zu erhalten.

Die Fixirung des positiven Bildes geschieht schließlich ganz auf dieselbe Weise wie bei den Lichtbildern auf Papier — diese wie jene werden nach dem Fixiren, so lange sie noch naß sind, auf eine ebene Tafel gezogen und an den Rändern befestigt, wodurch sie eine Art von gespanntem Zustande erhalten, in welchem sie faltenlos und eben trocknen.

Hat die Daguerreotypie eine gewisse Bedeutung für das Portraitiren gewonnen, so ist dies mit dem Verfahren auf Papier und Collodium noch viel mehr der Fall, denn die Ansicht eines solchen Bildes ist, wie bereits bemerkt, bei Weitem schöner als die eines Daguerreschen auf der glänzenden Metallplatte, allein dies will nichts bedeuten gegen die Wichtigkeit und die Ausdehnung der Anwendung, welche dieser Zweig der Technik erlangt hat, um getreue Nachbilder von Bauten, von Denkmälern der Kunst aller Art zu erhalten. Kein Zeichner ist im Stande mit einer solchen Sicherheit und Genauigkeit jedem Zug des Meißels, jeder Linie des Architekten zu folgen wie die Photographie. Was den größten Künstlern Monate lange Arbeit kosten, und was denn doch nicht so fein in das Detail eingehen würde, das macht die Camera obscura in 15 Secunden, und der Photograph vervielfältigt nun die Bilder nach Belieben, und wir haben die Prachtbauten von Paris und Berlin, die Alterthümer vom Rhein und von Italien, wir haben die Wunderbilder der fabelhaften Zeiten Aegyptens und Indiens für einen Spottpreis in unserer Hand, und wenn das Auge des Geschichtsforschers mit der Loupe bewaffnet den grotesken Zügen der Hieroglyphen folgt, so ist es gerade so als ob er vor diesen selbst stünde, denn obschon bis zum für das bloße Auge Unkenntlichen verkleinert, obschon für dieses so gut wie unsichtbar, entdeckt das einfache Mikroskop darauf doch alles, was das Original in weitester Ausführung hat. Ein Lichtbild, so untersucht, zeigte nicht nur die Pflanzenarten, welche das Fenster einer italieni-

Digitized by Google

schen Villa schmückte, zeigte nicht nur die Blüthen deutlich und kenntlich, sondern sogar auch die Adern in den Blättern eben dieser Pflanze, der Verfasser sah ein solches Bild noch in der Kindheit der Kunst und es zeigte durch ein zusammengesetztes Mikroskop von ungefähr 50maliger Vergrößerung den Blitzableiter auf einem Pulvermagazin, das von dem Orte, an welchem es aufgenommen war, etwa drei Viertelmeilen entfernt war. Ein gutes zwanzig Mal vergrößerndes Fernrohr zeigte den Ableiter nicht, das Lichtbild aber hatte seinen Schatten aufgefaßt.

Die Ansichten, welche die meisten unsrer Kunsthandlungen schmücken, zeigen die außerordentliche Schärfe und Treue, mit welcher die Auffassung geschehen und sie geben auch kein unrichtiges Bild d. h. kein verkehrtes, wie die Daguerre'schen Platten, sondern ein vollkommen richtiges. Auf einem Daguerreotyp hat der Offizier den Degen an der rechten Seite und der Schreiber hält die Feder in der linken Hand, natürlich auf dem negativen Bilde nach der Talbot'schen und de Victur'schen Manier auch, da man aber beim Copiren die Vorderseite des Glases, auf welches das Collodiumbild ist, nach hinten bringt und auf das Papier legt, so wird die Copie eine verkehrte und verhält sich zu der Glastafel, wie die Kupferplatte zum Kupferstich, wie das Petschaft zum Siegel, wie der Satz des Buchdruckers zum Buche, die verkehrt aufgenommenen Ansichten werden also grade, gäbe es keinen anderen Vorzug dieser Manier, vor den Daguerre'schen Bildern als diesen, so wäre dieser eine genügend, ihr den Preis zuzuwenden. Die Kunst ist nun auch so allgemein geworden, daß es bereits eine beträchtliche Menge von Prachtwerken giebt, in denen die Kupferstiche durch Photographien ersetzt sind, d. h. nicht durch Zeichnungen nach einem Lichtbilde, sondern durch die Licht-Copien der Lichtbilder selbst.

Die Gasbeleuchtung.

Haben wir in den beiden vorigen Kapiteln die Wärme und das Licht von einander gesondert, so wollen wir jetzt beide vereint zu den Zwecken der Wärmeerzeugung und der Lichterzeugung betrachten.

Man hält die Gasbeleuchtung für eine Erfindung neuerer Zeit, dies ist ein Irrthum. Die Gasbeleuchtung ist so alt, als das Feuer aus irdischen Brennstoffen, das erste Stück Fleisch, was jemals gebraten worden, hat sein Garwerden einer Gasbeleuchtungsanstalt zu danken, die erste Lampe,

Digitized by Google

die jemals gebrannt hat, war eine Gaslampe, und da Adam Opferfeuer anzündete, also das Feuer gekannt hat, so war er der erste Gasfabrikant.

Was wir hier im Scherz gesagt, läßt sich im Ernst vollkommen rechtfertigen, es giebt kein Brennen ohne vorherige Gasentwickelung durch zu dem Brennstoff gebrachte Wärme: der ganze Unterschied ist, daß man ursprünglich das entwickelte Leuchtgas sofort im Augenblick der Entstehung consumirte und jetzt das Gas bereitet, aufbewahrt und dann erst an einem andern als dem Erzeugungsorte verwendet.

Wenn man einen Docht in frisches Oel thut und diesen durch ein Brennglas in der Sonne erhitzt, so wird man von dem Oele, welches in dem Dochte aufgestiegen ist, sehr bald Dämpfe aufsteigen sehen, diese Dämpfe, Gase, müssen erst entwickelt werden, bevor der Docht brennt. Kommt man mit einem brennenden Licht in den Gasstrom, so fängt derselbe augenblicklich Feuer und der Docht brennt an.

Man komme ohne diese vorherige Erhitzung des Dochtes, so oft man will, mit Feuer in die Nähe desselben, er wird nicht Feuer fangen. Meine lieben Leser werden sagen: ich habe doch schon oft genug meine Lampe angezündet und niemals ein Brennglas gebraucht, auch ohne dies ist es stets gelungen! Dies soll nicht bestritten werden; es kommt gar nicht auf das Brennglas, sondern auf die Erhitzung an, ob der Docht erhitzt wird durch ein Brennglas oder durch eine glühende Kohle oder dadurch, daß man ganz einfach ein schon brennendes Licht daran bringt, ist ganz gleichgültig; aber könnte man den mit Oel gefüllten Docht kalt erhalten, indeß die Lichtflamme daran leckt, so würde keine Gasentwickelung und folglich auch kein Brennen und kein Leuchten möglich sein. Ein ganz leichter Versuch soll dies beweisen. Ein Faden Baumwolle brennt gewiß im Augenblick, wo man mit dem Lichte daran kommt, ein dünner Papierstreif ebenso, doch soll der Leser dies nicht fertig bekommen, wie viele Mühe er sich auch geben mag, wenn er den Faden um ein rundes Plätteisen schlingt und denselben nun, so straff über das Metall gezogen in die Flamme hält. Statt des Stückes Metall genügt eine mit Wasser gefüllte Medicinflasche, nur muß man sich hüten, daß sie durch einseitige Erhitzung nicht zerspringe, vermeidet man dies, so wird das Wasser in der Flasche viel eher zum Kochen kommen, als der Faden verbrennt. Derselbe kann nämlich nicht auf den Grad erhitzt werden, welcher nöthig ist, um ihn zu zerstören, in Gas zu verwandeln und so bleibt er unverbrannt. Das Licht, welches dem ölhaltenden Dochte genähert wird, erhitzt denselben, die Hitze verwandelt das Oel in Dampf, der Dampf brennt, kaltes Oel kann auf seiner Oberfläche hundert Lichter schwimmen

Digitized by Google

haben, es wird nicht brennen, siedendes Oel bedarf nur der Annäherung einer Flamme, um sogleich lichterloh aufzubrennen.

Trockne Destillation.

Wenn man Holz klein gemacht in eine Retorte bringt und es über der Spirituslampe erhitzt, so wird dasselbe gelbbräunlich, es entweicht eine Menge Dampf, es wird braun, es entweicht noch mehr, endlich strömt dieser Dampf, dieser brenzlich riechende Rauch mit Lebhaftigkeit aus dem Rohr der Retorte und ist dieses Rohr eng, so darf man sich ohne Besorgniß demselben mit einer Lichtflamme nähern, es ist keine Gefahr vorhanden — das entweichende Gas brennt und das Holz in der Retorte erhitzt, giebt die Dämpfe und Gase dazu her.

Erhitzt man das Holz uneingeschlossen, an freier Luft, bis zu solchem Grade, so brennt es sofort an, es entwickelt eben so gut Gase, allein sie werden auch sogleich verzehrt. Das einleuchtendste Experiment giebt ein Wachsstock, welcher eine Weile gebrannt hat, so daß er eine kleine Kohle an seinen Docht angesetzt hat. Bläst man ihn aus und steigt der Rauch auf, so kann man ihn aus der Entfernung von 6 Zoll wieder anzünden, wenn man einen brennenden Fidibus in den Strom des aufsteigenden Gases bringt.

Es hat viele Jahrtausende gedauert, bevor man aus allen diesen Thatsachen das Resultat zog, daß es möglich sein müsse, die Leucht- und Heizoder Bi unstoffe des Holzes, der Steinkohle, des Oeles an einem Orte auszuziehen und an einem andern Orte zu verbrennen, denn dieser Gedanke umschließt das ganze Geheimniß der Gaserleuchtung.

In einem sehr selten gewordenen Buche: „Bechers närrische Weisheit und weise Narrheit, zu Frankfurt a. M. im Jahre 1682" erschienen, findet man die älteste Erwähnung von brennendem Gase, aus Brennstoff erzeugt. Becher unterwarf den Torf und die Steinkohle der trocknen Destillation und erhielt, nachdem Theer und Wasser abdestillirt waren, sehr gute und viel Hitze gebende Kohlen. Die Versuche mit Torf stellte man in Holland an, die mit Steinkohlen in England gemachten Versuche hatten noch ein anderes Resultat; er stellte dieselben in Gegenwart des damals größten Physikers, des Robert Boyle an und sagt, daß die destillirten Steinkohlen eine 10 Fuß lange Flamme gaben. Es wurde, wie es mit wichtigen Entdeckungen oft genug so geht — diese Entdeckung nicht beachtet und als 60 Jahre später (1739) Clayton dasselbe Verfahren beobachtete, Steinkohlen der trocknen Destillation unterwarf und Theer, saures Wasser und

Digitized by Google

Gas erhielt, und dies zum Vergnügen der Zuschauer anzündete — hatte es auch noch keinen besseren und keinen weiteren Erfolg, man weiß nicht einmal, ob diese Versuche sich auf jene, Bechers stützten oder ob Clayton von selbst darauf gekommen war. Noch dreißig Jahre später kam Landslaff auf den Gedanken oder auf die Frage, ob es nicht möglich sein sollte, diese Erscheinung technisch zu benutzen, und abermals dreißig Jahre mußten vergehen, bis im Jahre 1792 Murdach in England die Helligkeit der Flamme dieses Gases beachtete, dasselbe in Röhren fortzuleiten versuchte (zuerst 70 Fuß weit) und so mittelst biegsamer Schläuche auch schon tragbare Lampen verfertigte. Im Jahre 1797 wurden durch ihn solche Versuche dem Publikum im größern Maßstabe gezeigt, dann aber richtete er eine eigentliche Gasbeleuchtungsanstalt in Birmingham ein, woselbst die Watt' und Boulton'sche Fabrik auf diese Weise erleuchtet wurde. Hier brannte zum ersten Male Gas aus Röhren, das gewaschen und gereinigt war.

Geringe Fortschritte in Deutschland und Frankreich.

Der Bergrath Lampadius in Freiberg wiederholte diese Versuche, schlug die Verallgemeinerung dieser Beleuchtungsmethode vor und wies Holzsäure und Theer als werthvolle Nebenprodukte nach; allein die Aufmerksamkeit des Publikums wandte sich erst dann auf diesen Gegenstand, als der Bürger Lebon in Paris Haus und Garten auf diese Weise erleuchtete und zum Vergnügungsort einrichtete, wo denn viele Tausende das muntere Spiel der Flammen sahen und Nachricht darüber verbreiteten.

Lebon wandte das Glas gleichzeitig zur Erwärmung an und nannte deßhalb seine Einrichtung die Thermolampe, die Physiker aber behandelten die ganze Sache als eine Spielerei, als eine physikalische Belustigung, und da der Franzose sehr ins große Horn blies, aber leicht nachgewiesen werden konnte, daß für den Haushalt damit nichts gewonnen werde (wie er behauptete) und daß, wenn die Flamme selbst auch geruchlos brenne, doch ihre Erzeugung einen unerträglichen Geruch verbreitete, so schlief die auf bestem Wege zur Ausbreitung befindliche Gasbeleuchtung wieder ein.

Daß die trockne Destillation von Brennstoffen aber einige sehr nützliche Produkte gebe, blieb eine Thatsache, und hierauf wurde vorläufig hingearbeitet. Holzsäure (Essig) konnte man gut benutzen zur Erzeugung von Bleiweiß, von Grünspan, von essigsaurer Thonerde, der Theer war gleichfalls zu verwerthen und so entstanden Fabriken dieser Art in Deutschland, indessen man in England nicht so glückliche Versuche machte, da eine Destil-

Digitized by Google

lation der Steinkohlen keine Holzsäure giebt. Desto mehr brennbares und gut leuchtendes Gas entwickelt sich aber aus denselben, und hierauf richtete man seine Aufmerksamkeit solchergestalt, daß dieser Industriezweig bald ein hochwichtiger wurde, große und kleine Gesellschaften zur Straßenbeleuchtung sich bildeten, und eine derselben, die Westminster Society, im Jahre 1819 zu London allein 51000 Flammen brennen hatte.

Als der berühmte General Congreve im Jahre 1823 seinen ersten Bericht über die Fortschritte der Gesellschaften für Gasbereitung veröffentlichte, bestanden in London vier derselben, welche 47 Gasometer hatten, die täglich mit mehr als einer Million Kubikfuß Gas gefüllt wurden, wozu man 1315 Retorten brauchte. An Kohlen wurden jährlich verbraucht 33000 Chaldrons (1 Chaldron gleich 36½ Berliner Scheffel, gleich 18½ Dresdener Scheffel, gleich 32 Metzen in Wien), diese geben 41000 Chaldrons Coaks und 397 Millionen Kubikfuß Gas, wovon 91000 Privatlichter und 39800 Straßenlaternen, auf einer Länge von ungefähr 9 deutschen Meilen gespeist wurden. Dies war im Jahre 1823, wie weit dies gestiegen bis zum Jahre 1858, kann ein Jeder leicht ermessen, der die englische Industrie auch nur oberflächlich kennt.

Das Gas, welches man durch trockne Destillation brennbarer Materialien erhält, ist ein Gemenge von Kohlenwasserstoffgas, Aetheringas, Wasserstoff und Schwefelwasserstoffgas, von Kohlenoxydgas und Kohlensäure; der Werth der Flamme, d. h. die Leuchtkraft derselben und die weiße Farbe wächst mit dem Antheil an Aetheringas, diejenigen Kohlen, welche dessen am meisten liefern, sind daher zur Gasbeleuchtung am geeignetsten; wo man sie billig erhalten kann, wählt man deßhalb nur die englische Candel Coal (Lichtkohle), weil sie schon bei der gewöhnlichen Verbrennung eine sehr weiße, lebhaft leuchtende Flamme giebt, bei der trocknen Destillation aber giebt sie dies Gas sogar zuerst und am leichtesten her.

Die Beleuchtungsanstalt in Berlin.

Die Gasbereitung kann zwar mit einem gewissen Vortheil auch so im Kleinen betrieben werden, daß sie nur ein Haus versorgt; der Erste der eine solche Gaserleuchtung in Berlin für seine Fabrik einführte, war Henfel und Schuhmann, in Stettin war es das Gasthaus Hotel du Nord, woselbst Hägel et Herzog eine Gasbereitungsanstalt lediglich für die vierundzwanzig Flammen ihres Hotels hatten und zwar zu einem viel billigeren Preise als die städtische Gasbereitungsanstalt es ihm liefern wollte — allein im Ganzen findet man doch den eigentlichen Vortheil erst da, wo täglich

Digitized by Google

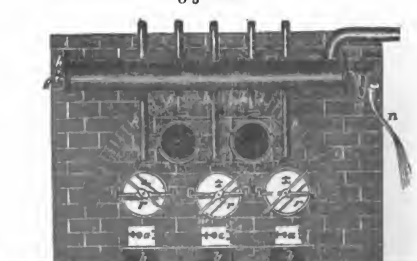
wenigstens 50000 Kubikfuß Gas fabricirt werden, deßhalb will der Verfasser auch eine solche Anstalt beschreiben, und zwar die städtische Gasbeleuchtungsanstalt in Berlin, welche in zweien Häusern und in 20 Oefen, von denen während des Winters Tag und Nacht 15 in ununterbrochener Thätigkeit sind, das nöthige Gas für die Straßenbeleuchtung und für eine ziemliche Menge von Privathäusern bereitet.

Die Gasanstalt liegt dicht am Flusse und empfängt ihre Steinkohlen auf demselben aus Schlesien und stapelt sie am Ufer auf. Die Vorräthe müssen sehr bedeutend sein, darum thürmt man während des Sommers Berge davon für den Winter auf, und that dies früher mittelst eines hohen, den Lagerplatz umgebenden Gerüstes, mit beweglichem Wagen, auf welchen gleich eine halbe Schiffsladung gebracht werden konnte, die dann durch eine wirksame Maschinerie gehoben und an die verschiedenen Punkte des Lagerplatzes gebracht wurde, da aber die Erfahrung lehrte, daß man mit Karren eben so weit komme, so ruht die mechanische Vorrichtung.

Von diesem Stapelplatz führen doppelgleisige Schienenwege zu den Gebäuden, in denen die Oefen befindlich, auf eisernen Wagen werden die mit Kohlen gefüllten eisernen Mulden, welche die Länge der Retorten haben, drei und vierfach über einander gesetzt und dann an Ort und Stelle geschoben.

Die Retorten sind sehr massenhafte, von Eisen oder von Thon gedrückte Cylinder, von etwa 8 Fuß Länge, sie liegen zu zehn, in drei Reihen über einander, in der mittelsten vier, in der oberen und unteren Reihe immer drei in den Zwischenräumen, welche die vier der mittelsten Reihen lassen. Die Darstellung, welche wir von dieser Gasbereitung hier geben, zeigt nur fünf Retorten — es sind, wie begreiflich, die zehn neben einander auf dieselbe Weise geordnet wie hier fünf.

Fig. 555.



Digitized by Google

Die eisernen Retorten sind umgeben von starken Hülsen oder Muffeln aus Chamotthon, damit die gewaltige Hitze, welche die Austreibung des Gases aus den Steinkohlen erfordert, die Eisenmasse nicht schmelze, die thönernen Retorten, welche man jetzt anwendet, ertragen eine größere Hitze und geben in Folge dessen mehr Gas aus. Allerdings sind sie auch wieder zerbrechlich, fordern eine viel sorgfältigere Behandlung und führen, wenn sie während des Betriebes reißen, einen nicht unbeträchtlichen Gasverlust herbei.

Gaserzeugung.

Eine jede Retorte liegt zu fünf Sechstel ihrer Länge mit ihrem gewölbt verschlossenen Boden im Feuer, hat eine horizontale Lage und steht mit der Oeffnung aus dem Ofen heraus. Hier hat sie einen breiten Rand, auf welchem ein gut passender Deckel *r* durch starke Schrauben befestigt und durch Lehm gedichtet wird.

In jede Retorte wird eine blecherne Mulde, welche mehr als zwei Scheffel Steinkohlen faßt, geschoben bis sie ganz darin ist, dann wird durch eine Art Schlüssel, mit beträchtlicher Hebelkraft, die Mulde umgedreht, worauf sie oben auf die Steinkohlen kommt, und nun frei von ihrer Last, heraus geholt werden kann.

Es wird jetzt der Deckel vorgelegt, mit nassem Lehm lutirt und durch die Schrauben mit Hebeln angedrückt. Nach mehreren Stunden, wenn man bemerkt, daß sich Gas nicht mehr in Gewinn bringender Menge entwickelt, nimmt man den Deckel ab, zieht durch lange eiserne Rechen die Coaks heraus, schiebt eine neue Mulde voll Kohlen hinein, schließt die Retorte und setzt die Arbeit wieder fort.

An dem Theile der Retorte, welcher außerhalb des Ofens befindlich, und den man den Hals der Retorte zu nennen pflegt, wiewohl er nicht im Geringsten dünner ist als der übrige Körper, ist ein Ansatz angebracht, bestimmt um eine Röhre aufzunehmen, welche das sich entwickelnde Gas fortführen soll. Die sämmtlichen Retorten haben dergleichen, sie steigen bis über den Ofen empor und neigen sich dann wieder, wie die Fig. 555 zeigt, alle herab, so daß sie nach einer Biegung in gleicher Höhe, sämmtlich in einer ihnen allen, wie sie zu einem Ofen gehören, gemeinschaftlichen horizontalen Röhre münden.

Diese Röhre ist in dem oberen Theile unserer Figur quer vorliegend, hat je nach der Räumlichkeit vielleicht eine ganz andere Stelle, es sind mitunter die einzelnen, aus den Retorten aufsteigenden Rohre erst aus dem

Digitized by Google

Gebäude geführt und vereinigen sich dann erst in dieser gemeinschaftlichen — hierauf kommt es gar nicht an, sondern nur auf den Zweck der Röhren und dieser wird überall gleich gut erfüllt, er heißt ansammeln des Theeres und der sonstigen Flüssigkeiten, Ammoniak und schwefelwasserstoffhaltigen, also sehr übel riechenden Wassers ꝛc.

Sobald das Wasser welches zuerst durch die angewendete Hitze verdunstet in einen kältern Raum kommt, schlägt es sich nieder und wird flüssig, ein Gleiches geschieht mit dem Steinkohlentheer. Die Röhre muß geräumig genug sein, um nicht unbedeutende Quantitäten davon aufzunehmen, allein sie hat auch Hähne, um diese Flüssigkeiten dadurch abzulassen, so daß zur rechten Zeit dieselbe wieder leer wird und keine Stockung im Betriebe eintritt. Auf der linken Seite unserer Zeichnung sehen wir einen Hahn *k*, welcher dazu dient den Theer abzulassen, auf der rechten Seite dagegen ist eine heberartige Veranstaltung, welche das übelriechende Schwefel- und Ammoniakwasser fortführt. Aus der Mitte der Röhre geht die Ableitung abwärts nach *m*, dann aufwärts, krümmt sich abermals und führt das Wasser in den Trichter *n*, aus welchem es dann, da es nicht brauchbar ist, irgend wohin geleitet wird, immer zur großen Belästigung, wenn nicht zum Schaden der Umgegend; fließt dies Wasser in einen Bach und ist die Wassermasse desselben nicht so groß, daß der Zufluß an Schwefelwasserstoff und ammoniakhaltigen Flüssigkeiten völlig verschwindend ist, so stirbt alles Gethier darin und die Ausdünstungen sind so übel riechend, daß sie höchst beschwerlich werden — die Spree ist nun allenfalls wasserreich genug, diesen Abgang so wie allen anderen von vielen hundert Fabriken und von 10000 Häusern und 100000 Haushaltungen aufzunehmen, ohne beträchtlich verändert zu werden, wenigstens spürt man eine Stunde nach Aufhören der Arbeit an demjenigen Theile der Spree, der die Stadt verläßt, die Verunreinigung nicht mehr.

Reinigung des Gases.

Beim Beginn der Arbeit füllt man jene große cylindrische Vorlage mit Wasser, um in dem Rohre *m* dadurch einen Verschluß zu erzielen, dann aber entweicht, wie es sich vermehrt, das Wasser auf der einen Seite, der Theer auf der anderen in geneigten Röhren zu großen Cisternen, welche ihn aufzunehmen bestimmt sind.

Oben auf der Vorlage ist das Rohr *i*, welches anfänglich aufwärts, dann horizontal, dann abwärts geleitet wird und nach den Reinigungshäusern führt, in welchen die Entfernung der für die Erleuchtung nicht brauch-

Digitized by Google

baren Theile des Gases beginnt. Im ersten dieser Häuser, nahe der Spree, welche hier 400 Fuß Breite und 25 Fuß Tiefe hat, wird in ungeheueren Gefäßen der Steinkohlentheer abgelagert, zum Theil wie er bereits flüssig aus der vorhin beschriebenen Vorlage dort anlangt, zum Theil wie er das Gas verunreinigend, so daß es beinahe schwarz aussieht, mit demselben vereinigt, als Dampf erscheint.

Zur Aufnahme dieses Gases sind sehr große eiserne Kästen bereit, in deren Innerem dichte Hürden von Draht liegen, auf denen in beträchtlicher Menge gut ausgebrannte Cooks ausgebreitet worden. Die Kohle hat die Eigenschaft Dampf in Masse zu condensiren, davon in sich aufzunehmen, 30 ja 40mal ihr eigenes Volumen. Was ihr jetzt vorzugsweise geboten wird, sind Steinkohlentheerdämpfe, diese saugt sie in großer Menge bis zur Sättigung damit auf und verwandelt sich dadurch in ein ganz werthvolles Brennmaterial, in eine Art Carbolein, welches die Gasbereitungsanstalt zur Feuerung verwendet.

Immer neues, unreines Gas strömt zu und verdrängt dasjenige, welches die Kohlenschichten bereits passirt und sich seines Theergehaltes entladen hat. Das entweichende vereinigt sich in einer großen Röhre, die unter der Erde fortläuft und nach dem Wasch- und Trockenhause führt.

In sehr großen eisernen, halbrunden Kästen befindet sich Kalkmilch, ein Gemenge von Wasser und ungelöschtem Kalk, welcher durch das Wasser gelöscht, eine milchige Beschaffenheit annimmt. Da der Kalk durch das Brennen seiner Kohlensäure verlustig geworden, zu dieser aber eine große Verwandtschaft hat, so rafft er, wo er solche findet, dieselbe mit Begierde an sich. In dem Gefäß mit Kalkmilch befindet sich eine Axe, welche von Außen gedreht werden kann (natürlich durch eine Dampfmaschine), an dieser Axe sind sehr große halbkugelförmig ausgehöhlte Schaufeln, welche immerfort Gas schöpfen und es unter die Kalkmilch führen, durch das immerwährende Wiederholen dieser Operation werden nach und nach die Unreinigkeiten hinweggeschafft, welche mit dem Gase verbunden sind und sich noch nicht durch Erkältung und durch Berührung mit der Kohle condensirt haben. Der Kalk beladet sich mit diesen Unreinigkeiten, er wird nach und nach allerdings unbrauchbar, wie sich dies eigentlich von selbst versteht, er muß daher erneuert werden, wenn er mit fremden Stoffen so beladen ist, daß er nichts mehr davon aufzunehmen vermag, er hat aber seinen Zweck so weit als nöthig erfüllt, das Gas ist gereinigt, im eigentlichsten Sinn gewaschen.

Digitized by Google

Trocknen des Gases.

Nunmehr muß es aber noch, bevor es gebraucht werden kann, getrocknet werden, da man aber Gas nicht wie ein Stück Wäsche auf eine Leine hängen kann, so wird man wohl einen anderen Weg einschlagen müssen, diesen Weg bietet abermals der geglühte, aber ungelöschte Kalk. Das Gas gelangt aus dem Waschapparate in große, luftdicht geschlossene Räume, welche man die Trockenstuben nennt. Hier befinden sich wieder große, sehr dicht geflochtene Hürden, aber auf dem Draht, woraus sie geflochten, liegen nicht Cooks, nicht Kohlen, sondern dünne Schichten von geglühetem Kalk. Salzsaurer Kalk wäre besser, allein er ist so theuer, daß man ihn nicht hierzu verwenden kann, außer etwa im Laboratorium des Chemikers, dem nichts zu theuer sein darf, um seine Schüler zu unterrichten, anders ist es bei fabrikmäßiger Verwendung, da kommt es denn allerdings auf den Preis an — nun aber ist gewöhnlicher, gut ausgebrannter, und noch nicht mit Wasser in Berührung gewesener Kalk aber so begierig nach Wasser, daß er dasselbe an sich rafft, wo er es immer findet, und das feuchte Gas giebt des Wassers in gasförmigem Zustande genug her. Das Gas, welches über demselben hinströmt, verliert so seine Feuchtigkeit, mit der es sich in dem Waschapparat beladen hat, und nun hat es diejenige Vollkommenheit erlangt, welche man von ihm fordert. Läßt man das Gas von einem Rohre außerhalb des Waschhauses ausströmen, so ist es hellbraun, wie Holzrauch, wenn er unmittelbar dem Feuer entströmt, ist von einem entsetzlich üblen Geruch, nach faulen Eiern, Theer, Ammoniak und Schwefel, und verpestet Alles, womit es in Berührung kommt, weil nämlich die übelriechenden Substanzen im aufgelösten Zustande darin enthalten sind, so schlagen sie sich an Allem, was ihnen begegnet, nieder, ist man mit seinem Rock oder mit seinen Haaren in diesen Gasstrom gerathen, so sind acht Tage des Lüftens und Waschens kaum genug, um den Geruch zu entfernen, die Arbeiter selbst riecht man, auf der Straße ihnen begegnend, schon zwanzig Schritt weit.

Hat das Gas dagegen die Waschapparate und die Trockenstube passirt so ist es farblos und hat nur noch den Steinkohlengeruch, welcher nicht mehr beschwerlich, ja manchem Menschen sogar angenehm ist.

Digitized by Google

Gasbehälter.

So zubereitet und gereinigt gelangt das Gas in die Gasometer — Gasbehälter sollte man sagen, denn es sind nicht Meßapparate — dies sind große, ganz leere Gebäude ohne Zwischenmauern, ohne Anker oder verbindende Balken, mit einem weiten, völlig frei schwebenden Dache, das sich durch seine eigene Spannung trägt, daher von einer eigenen guten Construction sein muß. In diesen runden oder achteckigen Gebäuden steht ein eiserner Kasten, welcher die halbe Höhe des Hauses hat, sonst den Raum so weit ausfüllt, daß nur gerade ein Paar Mann zwischen dem Bassin und der Mauer umher gehen können, um etwaige Reparaturen daran auszuführen.

Das Gefäß besteht aus vielen hundert großen vierseitigen Tafeln mit starken Rippen und 3 Zoll hohen Rändern, mit denen sie an einander stoßen, zwischen die Rippen zweier sich berührender Tafeln wird getheertes Werg gebracht und alsdann werden sie mittelst sehr vieler Schrauben so an einander gezwängt, daß sie wasserdicht schließen.

Zolldicke und 3 Zoll breite Bänder von Schmiedeeisen umgeben nun das ganze Gefäß. Die oberste Reihe der Tafeln hat einen solchen sie alle umschlingenden und auf jede einzelne drückenden Reif, jede tiefer liegende Reihe hat einen Ring mehr, eine nothwendige Vorsicht, denn der Druck der diesen Raum ausfüllenden Wassermasse ist so ungeheuer, daß ohne solche Vorsichtsmaßregeln das Gefäß und der ganze Bau auseinander gedrückt wird, in tausend Trümmern zerschellt und vielleicht den Tod von einer Menge fleißiger Arbeiter und das Elend ihrer Familien herbei führt. Es ist dies nicht eine bloße Möglichkeit, es ist eine traurige Erfahrung, welche man gemacht, das erste Gasometer, welches in Leipzig im Jahre 1838 erbaut worden, hatte dies Schicksal, das Gefäß barstete, wurde aus einander gedrückt, und die ungeheure Wassermasse lehnte sich mit einem Schlage, der das ganze Gebäude in seinen Grundfesten erschütterte, gegen die Wände, und da sie diesen Druck nicht ertragen konnten, stürzte das Haus zusammen. Zum Glück war nur Geldverlust zu bedauern, der Zusammensturz geschah gerade in der Feierstunde, nur der Inspector selbst hätte gefährdet werden können, er hatte die Runde um das gefährliche Bassin gemacht und kopfschüttelnd die zu schwachen Rippen betrachtet, und war eben aus dem Hause getreten, als der erderschütternde Schlag statt fand, und gleich hinter her die Wellen aus Thür und Fenstern drangen, die einen Moment darauf aufhörten Fenster und Thüren zu sein, sondern einen Haufen Trümmer bildeten.

Digitized by Google

Gasbehälter in der Erde.

Dieſer großen Gefahr wegen iſt man an einigen Orten auf den ſehr vernünftigen Gedanken gekommen, das Baſſin in die Erde zu verſenken, wovon Figur 556 eine Anſicht giebt. Ein tiefes Baſſin wird ausgegraben,

Fig. 556.

in dieſes das eiſerne Gefäß geſetzt und nun rund um daſſelbe eine mehrere Ziegel dicke Mauer aufgeführt, welche daſſelbe eng umſchließt, von außen belaſtet; iſt dies geſchehen, ſo wird die Erde in den noch leeren Zwiſchenraum, zwiſchen Mauer und dem übrigen Erdreich, eingefüllt und feſtgeſtampft. Gewöhnlich macht man in dieſem Fall noch eine andere Vorkehrung. Wie bei allen Gaſometern ſind zwei Röhren von angemeſſener Dimenſion (mehrere Fuß im Durchmeſſer haltend, wenn die Anſtalten hunderttauſende von Lampen ſpeiſen ſollen — ein paar Zoll, wenn ſich's nur um etwa eine Fabrik handelt) nöthig, deren eine das gewonnene Gas einführt in das Gaſometer, deren andere dazu beſtimmt iſt, daſſelbe wieder

Digitized by Google

fort zu leiten. Diese Röhren mit *t t* bezeichnet, liegen in einem Kanal unterhalb des Bassins, in der Mitte desselben steigen sie senkrecht aufwärts und münden neben einander über der Oberfläche des Wassers.

Diese aufsteigenden Röhren nun sind gleichfalls ummauert, und zwar auf solche Art, daß, so wie äußerlich ein großes Bassin von Eisen sich an die Mauer lehnt, so inwendig ein zweites Bassin von gleicher Höhe, aber etwas geringerem Durchmesser steht. Zwischen diesen beiden Bassins befindet sich das Wasser *i i*, unten sind dieselben durch starke Eisenplatten wasserdicht verbunden, oben sind sie offen. Der innerste Raum, welcher nicht zum Bassin gehört und nicht bestimmt ist Wasser aufzunehmen, wird ausgemauert, ganz mit Gestein und Mörtel gefüllt, nur in der Mitte bleibt ein Kanal, durch welchen die Röhren münden, welche oben durch ein starkes, in das Gemäuer eingesenkte Stück Holz *m* festgehalten werden.

Eine solche Anordnung hat sehr große Vorzüge vor jeder anderen, vor allen Dingen ist man gegen Unglücksfälle solcher Art, wie die oben angeführten, ganz sicher, allein sehr unbequem ist es, daß man zu den Röhren nicht gelangen kann, wenn sie etwa reparirt werden sollen, ohne Mauerwerk zu zerstören, aufzugraben ꝛc.

Glocke des Gasbehälters.

Wir haben bis jetzt nur von dem Unterbau des Gasometers gesprochen, das Gas aber wird nicht im Wasser, sondern über dem Wasser aufbewahrt, dazu hat man ein Gefäß von der Form des Unterbaues, achteckig oder rund, wie die Zeichnung giebt und beinahe eben so groß, nur um so viel geringer im Durchmesser, daß es gerade recht bequem, ohne Reibung, in das Wassergefäß hinab gelassen werden kann, in Höhe mit demselben ganz gleich, dies Gefäß ist bestimmt das Gas aufzunehmen, es ist von Blech, von beiden Seiten stark mit Oelfarbe angestrichen, um so viel wie möglich das Wasser und seine oxydirende Kraft abzuhalten.

Das Gefäß ist sehr groß, es hat mitunter 40 bis 50 und mehr Fuß im Durchmesser. Solche Blechwände halten sich nicht aufrecht ohne Stützen, daher ist das Innere solch eines Gasometers wie ein von Fachwerk gebauter Thurm anzusehen, es hat Wände von Balken, die nur unausgefüllt, sonst aber verbunden, verzapft, geriegelt sind, als sollten sie ein vollständiges Gemäuer aufnehmen und sogenannte Riegelwände oder Fachwerkwände bilden, nur etwas schwächer sind die Balken, oder sie sind auch wohl gar nicht von Holz, sondern von Eisenstangen zusammen gesetzt. Auf dieses Gerüste erst werden die sorgfältig zusammen gefügten und gelötheten Blech-

Digitized by Google

wände gebracht und befestigt, dergestalt, daß nun dieses Blechhaus fest steht, ohne durch seine eigene Schwere zusammengedrückt zu werden.

Dies Blechgefäß ist eigentlich das Gasometer, es wird in das Wasser gelassen, wie man ein umgekehrtes Bierglas in Wasser setzt, mit dem Boden oben stehend. Da eine solche Manipulation mit einem Gasometer von 40000 Kubikfuß jedoch nicht so leicht ausgeführt wird wie mit einem Bierglase, so wird gewöhnlich das Gerüst gleich an Ort und Stelle, d. h. im Innern des bis dahin leeren Wasserbehälters, oder wenn dies nicht, doch wenigstens unmittelbar darüber gebaut, so daß es nur des Hinwegnehmens der Stützen bedarf, um es hinab sinken zu lassen. Sobald der Raum *ii* mit Wasser gefüllt ist, kann man nämlich das ganze ungeheure Werk, ohne alle weiteren Vorsichtsmaßregeln, dem Wasser übergeben, es wird nicht zu Boden sinken, nicht zerschellen, es wird fast in seiner ganzen Höhe über dem Wasser schweben bleiben, indem die darin enthaltene elastische Luft Widerstand leistet.

Um den Blechkasten zum Sinken zu bringen, muß man nun aber die Luft herausschaffen, dies geschieht, indem man die eine der beiden Röhren, welche zur Verbreitung des Gases bestimmt ist (auf unserer Zeichnung rechts mit einem Pfeil ➙ bezeichnet), öffnet, durch welche dann die Luft ausströmen kann, welches bewirkt, daß sich nach und nach das Gasometer senkt und ganz in das Wasser kommt. Eine solche Entfernung der atmosphärischen Luft ist durchaus unerläßlich, weil sich sonst Knallgas bilden würde, wenn die brennbare Luft dazu tritt; nun aber schließt man die letztbezeichnete Röhre und gestattet dem, in dem Ofen bereiteten, in den anderen Apparaten getrockneten Gase, durch die erste, linksgelegene Röhre aufzusteigen und das Gasometer zu füllen. Es versteht sich, daß diese Vorbereitungen früher getroffen worden sind, als man das Gas bereitet hat, denn es wird nicht erst wo anders aufgehäuft und hierher gebracht, sondern von da, wo das Gas als furchtbarer, erstickender Qualm aus den Retorten strömt, bis zu dem Augenblick, wo es aus der Röhre in den leeren Gasometer kommt, ist es in unaufhörlicher Bewegung, in einen ununterbrochenen Marsch durch alle die hier gedachten Ablagerungs-, Reinigungs-, Wasch- und Trockenanstalten, wenn also die Retorten anfangen heiß zu werden, muß zum Empfang des Gases in dem Gasometer alles bereit sein.

Balanciren des Gasbehälters.

Auf solche Weise füllt sich denn nach und nach dies ungeheure Gefäß mit Gas an, dadurch aber erhält sein Schwerpunkt, der hoch oben ist, die

Digitized by Google

Neigung, eine tiefere Stelle einzunehmen, und dies Blechgefäß würde umschlagen, wie ein Bierglas, welches man mit der Oeffnung nach unten in ein Gefäß mit Wasser setzt. Hiergegen ist bei mäßig großen Gasometern durch die Veranstaltung gewirkt, welche unsere Zeichnung giebt. Auf drei oder vier Pfosten ruht ein Balkenwerk, in dessen Mitte eine Rolle befindlich, über die, von der Mitte des Bodens eines solchen Gasometers aus, ein Seil oder eine Kette läuft, um einem Gegengewicht als Haltung zu dienen, welches dann schwer genug gemacht wird, um dem Gasometer das Umfallen zu verbieten.

Es ist leicht ersichtlich, daß bei recht großen Gasbehältern eine solche Veranstaltung nicht zweckmäßig wäre, denn der Boden würde nicht Widerstand genug leisten, um ein starkes Gegengewicht zu tragen, es werden daher an den Seiten mehrere solche angebracht, deren jedes nur einen Theil der Last zu tragen hat, oder man läßt sie ganz weg und verhütet das Umfallen auf andere Weise.

Die Mauern des Hauses, welche den großen Gasbehälter umgeben, sorgen eigentlich schon dafür, allein sie würden einem anderen Uebelstande nicht begegnen können — der sich anlehnende Gasbehälter würde an die Mauer streifen, diese und sich selbst verletzen und den Gang des Gasometers hindern, daher bringt man in jeder Ecke des Hauses frei und aufrecht stehende Balken an, welche von Elle zu Elle starke, hervorstehende Rollen tragen, die auf wohl geschmierten Axen beweglich sind, in der Figur 556 durch *o o* angedeutet, und bewirken, daß wenn der ungeheure Blechkasten sich irgendwo anlegt (was durchaus nicht ausbleiben kann), doch keine Stockung, keine Erschütterung daraus entsteht, sondern derselbe unverletzt und ungehindert an den Rollen emporgleite.

Die Einrichtung Fig. 556 zeigt, daß die Tiefe des Bassins so groß sein müsse als die Höhe des Gasometers, man ist jetzt darauf gekommen, einen beträchtlichen Theil, ja zwei Drittheile und mehr dieser Höhe zu sparen, und da es sich um Tausende von Centnern gußeiserner Platten und um hunderttausende von Ziegeln und einen gewaltigen Arbeitslohn handelt, so ist die Sache durchaus nicht ohne Wichtigkeit. Gesetzt der Gasbehälter solle eine Höhe von 45 Fuß haben, um die nöthige Menge Gas zu fassen, man wolle jedoch nur 15 Fuß Tiefe für das Bassin anwenden, so giebt man dem Blechkasten die Einrichtung, welche die Taschenfernröhre haben, man macht dieselben aus drei Stücken, von denen nur das weiteste einen Boden hat, jedes Folgende um zwei Zoll im Durchmesser kleiner ist, sich aber an einem umgebogenen Rand hängt, sobald der größere Theil weit genug gehoben ist. Das zuströmende Gas hebt den 15 Fuß hohen, wei-

Digitized by Google

testen Kasten bis zur Oberfläche des Wassers. Der unterste Rand desselben ist zweimal rechtwinklich, und zwar nach inwendig umgebogen, der zweite, innere achteckige oder runde Blechkasten (ohne Boden) ist eben so nach auswendig umgebogen, wie der äußere steigt und bis an den Wasserspiegel gelangt, hängt sich der zweite Kasten in diese Rinne, diesen Falz ein, zugleich schöpft aber der Falz Wasser, in welchem der sich einhängende Rand des inneren Blechkastens steht, und so bildet sich ein vollkommen luftdichter Verschluß. Dasselbe geschieht, wenn die beiden Kästen vereint auf 30 Fuß gestiegen sind und der dritte sich in den zweiten einhängt; so erhält man aus den 15 Fuß tiefen Cysternen einen 45 Fuß hohen Kasten.

Füllen der Röhren.

Wir haben bereits das Rohr bezeichnet, aus welchem sich das Gas entfernt, um sich durch die Straßen bis in die letzten Verzweigungen und Verästelungen zu vertheilen. Wie bei dem Auffangen des Gases nöthig, den Gasbehälter luftleer zu machen, so wird nunmehr derselbe Fall mit den Leitungsröhren eintreten, diese sind anfangs sehr umfangreich, eine Vermischung des Leuchtgases mit der, in diesen Röhren enthaltenen atmosphärischen Luft ist also unvermeidlich, und damit ist die Gefahr einer Explosion vorhanden, welche dahin führen kann, alle Straßen, in denen Gasröhren laufen, durch Zersprengung derselben aufzureißen und vielleicht tausende von Menschen zu beschädigen. Wie daher diese Gasleitungsröhren luftleer gemacht werden würden — dies war eine sehr angelegentliche Frage der Physiker Berlins, als die unter General Congreve hier auftretende „Imperial continental Gas Association“ ihre Geschäfte in Berlin anfing — eigennützig aber und voller Geheimnißträumerei, wie die Engländer sind (welche noch jetzt die Besichtigung ihrer Anstalt nicht gestatten, da doch längst alle ihre Manipulationen bekannt geworden) verlautete darüber nichts, bis auf einmal das Gas in den Straßen brannte. Sie hatten die Röhren nicht luftleer gemacht (jetzt leuchtete auch Jedem sofort ein, daß es gar nicht möglich sei, diese Röhren luftleer zu machen, indem die hunderttausend Zusammenfügungen allein das verhinderten, die wohl luftdicht sein konnten für einen Unterschied des Luftdruckes von 4 bis 5 Zoll, aber nicht für einen von 28 Zoll), sondern eines schönen Tages alle Hähne der Laternen und der Flammen in den Privathäusern geöffnet, und nun auch den Verschluß des ersten und mächtigsten Rohres entfernt und das Gas aus dem Gasometer ausströmen lassen. Dies hatte nun aus allen den kleinen Mündungen die Luft nach und nach vertrieben, gegen Ende der Operation war

Digitized by Google

das Gasometer leer, die Röhren aber waren mit Leuchtgas gefüllt und das versuchsweise Anzünden geschah erst am folgenden Tage, nachdem man noch einmal den Gasbehälter gefüllt und auf die vorgedachte Weise entleert, d. h. in die Röhren getrieben hatte.

Einfrieren des Gases.

Die Engländer hatten aber noch keine Versuche auf dem Festlande gemacht, darum mußten auch sie Lehrgeld geben. Im nächsten Winter schon fror das Gas ein. Dies wird vielleicht sehr befremden, Wasserstoffgas ist eine beständige Gasart, sie wird nicht durch Druck oder Erkältung flüssig, wie Kohlensäure, viel weniger so fest, daß man dieselbe gefroren nennen könnte — doch wenn etwas wirklich geschehen ist, so leuchtet ein, daß es möglich sei, so war es auch mit dem Leuchtgase, es war wirklich eingefroren. In England, mitten im Meere, um etwas südlich, im Ganzen aber beträchtlich westlich gelegen, also eines viel milderen Clima's theilhaft, gefror der Boden nicht, dies geschah aber in Norddeutschland — das Gas, welches dort über Wasser stehend, mit Feuchtigkeit beladen, in die Röhren drang, strömte ungehindert durch dieselben und verbrannte auch so; hier schlugen sich an den erkalteten Röhren, besonders da, wo sie schließlich aus der Erde traten und wo die Winterkälte recht gehörig auf sie einwirken konnte, die Wasserdämpfe nieder und bildeten sich zu Eiskrystallen um, welche dem Gase bald den Weg versperrten. Es mußten mithin Veranstaltungen getroffen werden, um das Gas vor seinem Eintritt in die Röhren von der Feuchtigkeit, die es nach dem Trocken-Prozeß wieder aufgenommen, zu befreien; man hätte es abermals über ausgeglüheten, ungelöschten Kalk gehen lassen können, man zog jedoch ein wohlfeileres Mittel vor, welches die Natur selbst in dem Augenblick lieferte, in welchem es nöthig war, nämlich Kälte, Frost; man heilte den Schaden durch das Uebel selbst.

Bevor das Gas in die Röhre trat, ließ man dasselbe durch drei ungeheure, aufrecht stehende eiserne Cylinder auf- und absteigen. Während des Sommers hatte dies keinen Erfolg, es war auch keiner nöthig, wenn aber in den ganz offen stehenden Schuppen, unter dem sich diese Cylinder befanden, die Kälte zu wirken begann, so schlugen sich die Dämpfe an den Wänden dieser Cylinder nieder. Durch ein Triebwerk wurden innerhalb dieser Gefäße Schaber in Bewegung gesetzt, welche unaufhörlich das sich ansetzende Eis von den Wänden kratzen, und stets die Berührung zwischen dem Gase und dem Eisen der Wände erhielten. Das abgeschabte Eis fällt zu Boden und wird hier geschmolzen durch außen angebrachtes, mäßig

Digitized by Google

warmes Wasser, und durch Hähne abgelassen, so daß, wenn nunmehr das Gas in die Röhren gelangt, dasselbe um so weniger mehr Eis ansetzen wird, als es nicht mehr in so niedrige Temperatur versetzt wird, wie diejenige war, welche es schon überstanden hat. — Die Röhren liegen mehrere Fuß unter dem Boden, sind also doch immer weniger dem Frost ausgesetzt.

Trotz aller angewandten Reinigungsmittel ist das Gas immer noch nicht vollkommen rein, und eine nicht unbeträchtliche Menge Steinkohlentheer, in Dampfform, geht mit demselben durch alle Theile der Röhrenleitungen, um auch diesen unschädlich zu machen, sind die Röhren nicht horizontal, sondern auf- und absteigend gelegt, und überall, wo sich Vertiefungen befinden, sind kleine Kessel angebracht, in denen sich der Steinkohlentheer sammeln kann. Durch das Straßenpflaster führt zu dieser herab eine Röhre, durch welche die Kessel vermöge einer Pumpe ihres Inhalts entleert werden können.

Gasmesser. Gaszähler.

Um in Privathäusern den Verbrauch des Gases bemessen zu können, bedient man sich einer Vorrichtung, welche mit viel mehr Recht Gasometer heißt als jene früher beschriebene — es ist eine Trommel, in welcher vier Blechflügel beweglich um eine Axe laufen. Die auf der cylindrischen Seite stehende Trommel ist zur Hälfte mit Wasser gefüllt, einerseits tritt das Gas ein, wodurch ein Flügel nach dem andern gehoben wird. Was nun auf der anderen Seite über den Wasserspiegel tritt, ist zum Gebrauch vorhanden, wird durch immer nachdringendes Gas verdichtet und dringt also mit einem gewissen Triebe in die Röhren, aus deren Enden es verbrennen soll.

Die Anordnung der Schaufeln ist eine ganz eigenthümliche, sie müssen von drei Seiten ganz geschlossen und nur an der Seite offen sein, wo sie sich dem Rücken der unmittelbar auf sie folgenden Schaufel so nähern, daß derselbe nun auch die vierte Seite der Schaufel verschließen würde, wenn diese nicht so eingerichtet wäre, daß die vordere Oeffnung um etwas weiter wäre als der Schooß jeder Schaufel oder jedes Flügels. Hierdurch entsteht eine Art von in einander schachteln, doch ohne festen Schluß, so daß die Gase, welche in jedem Flügel eingeschlossen sind, durch die Spalte von beiden Seiten und auf dem cylindrischen Theil der Gastrommel entweichen können.

Die Wirkung dieses Gasmessers ist nun folgende: Die äußere, sichtbare Trommel desselben umschließt die zweite innere Trommel, welche nicht gesehen werden kann und welche auf ihrer Axe drehbar ist. Die Gasröhre,

Digitized by Google

welche Gas zuführt, mündet in der Mitte der Flügeltrommel, welche beinahe bis zur Hälfte im Wasser schwebt. Indem Gas einströmt, wird diejenige Schaufel, unter welche es tritt, gehoben, diese Schaufel steigt also aus dem Wasser, deßhalb muß nothwendig auf der anderen Seite eine Schaufel in eben dieses Wasser tauchen — wie aber die erste von Beiden, mit dem Rücken aufwärts gekehrt, aus dem Wasser steigt, und das Gas, wie in einem Glase, welches umgekehrt aus dem Wasser gehoben wird, bis zu dem Augenblick verschlossen hält, in welchem der untere Rand des Glases über Wasser tritt, so umgekehrt senkt die gegenüber stehende Schaufel mit dem Rücken zuerst in das Wasser und das dadurch vertriebene Gas kann aus den Spalten zwischen dieser und der nächstfolgenden Schaufel entweichen.

Anfangs ist atmosphärische Luft in den oberen Theilen des Gaszählers, so wie aber die bewegliche Trommel sich ein halb Mal um ihre Axe gedreht hat, so befindet sich nur noch Leuchtgas darin, vorausgesetzt, daß die vorhandene Luft hat entweichen können. Diese Voraussetzung aber muß vorhanden sein, denn Falls nicht Luft frei entweichen kann, so kann auch keine zuströmen. Damit nun dieses Statt finde, ist an der oberen cylindrischen Decke eine Oeffnung angebracht und aus dieser entweicht jeder Kubikzoll der zugeführten Luft.

An der Axe der beweglichen Trommel befindet sich ein Schneckenrad, dies greift in die Zähne eines kleinen Stirnrades ein und bewegt dasselbe. Man sieht sehr leicht ein, daß diese Bewegung weiter fortgepflanzt werden könne und das ist es, was man Gas zählen nennt. Das erste Stirnrad zählt die Umdrehungen der Trommel, zehn Umdrehungen derselben geben einen Kubikfuß (oder eine Umdrehung giebt vielleicht 20 Kubikfuß, je nach der Größe) — daran reiht man ein zweites Rad, welches nach zehn Umdrehungen des ersten eine macht, und also mit dieser einen Umdrehung 10 Kubikfuß zählt. Hieran reihet man ein drittes Rad, welches durch zehn Umdrehungen des zweiten eine Umdrehung macht, und mit dieser einen Umdrehung 100 Kubikfuß andeutet, so geht es zu 1000, 10000 und 100000 Kubikfuß.

Der Zählapparat ist nun so eingerichtet, daß er durch äußerlich sichtbare Zahlen angiebt, wieviel Mal die Quantität von einem Kubikfuß hindurchgegangen ist — nicht wieviel Mal die bewegliche Trommel sich gedreht hat, dies hängt von der Größe des Gaszählers ab, und ist dem Käufer wie dem Verkäufer gleichgültig, sondern welch eine Menge Luft hindurch gegangen, und dies markirt sich folgender Art.

Auf der vorderen Seite des Apparats befindet sich eine schmale Glas-

Digitized by Google

scheibe, welche geschwärzt ist und nur fünf oder sechs lichte kreisförmige Stellen in einer Reihe hat, hinter welchen die Ziffern des Zählers zum Vorschein kommen, diese sind auf Kreisflächen vertheilt, so daß, wie eine dieser Kreisflächen sich dreht, immer eine andere Zahl an der lichten Stelle der Glastafel zum Vorschein kommt.

Der Apparat wird dem Käufer so übergeben, daß er lauter Nullen zeigt, also z. B. sechs **0 0 0 0 0 0** dies sagt: es ist kein Kubikfuß Gas durch das Instrument gegangen.

Steht nun nach zehnstündigem Gebrauch die Reihe der Zahlen so: **0 0 0 0 9 5** so sagt dies, man habe in der Zeit 95 Kubikfuß verbraucht. In der Regel aber sind diese Gaszähler so eingerichtet, daß man so kleine Quantitäten gar nicht zählen kann, die beiden letzten Stellen bleiben unverändert Nullen. Man will den Apparat nicht zu sehr complicirt machen und läßt die bewegliche Trommel mit Uebergehung der Einer und Zehner gleich auf die Hunderte wirken, dies genügt auch, weil das Gas nach Hunderten und Tausenden von Kubikfuß bezahlt wird.

Hat man nun nach Wochen, oder in einem großen Wirthshause auch schon nach Tagen, tausende von Kubikfußen verbraucht, so wird man die Zahlen in folgender Art finden: **0 0 2 1 0 0**. Auch wird den Consumenten ein Zettel übergeben, worauf steht, er habe jetzt 002100 verbraucht. Wer nun in das Geheimniß der voranstehenden Nullen nicht eingeweiht ist, wird gar nicht wissen, was solche Schreiberei bedeutet, nur ein Decimalbruch fängt mit Nullen an, dann müßte aber hinter der ersten Null ein Komma stehen: 0,02100, das würde heißen: „kein Ganzes, auch kein Zehntheil, wohl aber 2 Hunderttheile und 1 Tausendtheil, oder 21 tausendstel einer — hier unbekannten — Einheit.“ Dies ist jedoch nicht die Bedeutung jener Nullen, allein sie hat doch bei alledem etwas Verwandtes, sie heißt: der Consument hat verbraucht, keine hunderttausend und keine zehntausend, wohl aber zweitausend und einhundert Kubikfuß Gas.

Man wird nun leicht einsehen, was 053200 heißt — nämlich Keinmalhunderttausend, wohl aber 50000 und 3000 und 200 oder 53200. Die meisten Gasometer reichen nicht weiter als bis zu 99900. Die vorderste Null bleibt weg, und wenn nun noch hundert Fuß hinzu kommen, so springt Alles auf 00000, und damit ist sowohl 100000 vollendet als auch zugleich von Neuem angefangen. Bei sehr großen Anstalten, wie die glänzend erleuchteten Wirthshäuser stark bevölkerter Residenzen, wo allabendlich

Digitized by Google

500 Flammen brennen, deren jede stündlich sechs Kubikfuß Gas verzehrt, und wo allabendlich mindestens sechs, häufig zehn Stunden lang Licht gebrannt wird, reicht man damit nicht lange, denn da werden an einem Abend 18 bis 30000 Kubikfuß verzehrt, für alle diese großen Etablissements hat der Gasmesser die sechs leeren Stellen, um sie bis auf 999900 auszufüllen, was mit dem nächsten Hundert eine Million giebt, wie das einfache Additions-Exempel zeigt:

999900
100
1000000 .

Diese 1 mit sechs Nullen kann nicht ausgedrückt werden, es stehen daher blos die sechs Nullen als Zeichen der Vollendung des Cyklus da, und nun beginnt das Zählen von Neuem.

Die Fortleitung.

An dem oberen gewölbten Theil des Cylinders, welcher die bewegliche Trommel umschließt, ist ein kurzes Rohr angebracht, bestimmt, das eingeführte Gas entweichen zu lassen. An seinem obersten Ende hat dasselbe eine Schraube, und dasjenige Rohr, welches in beliebiger Länge vorhanden ist, die entweichende oder ausgetriebene Menge an ihren Bestimmungsort zu leiten, wird mit diesem kurzen Rohr des Gaszählers durch eine bewegliche Mutterschraube verbunden. Jetzt hat man alles Nöthige zur Beschaffung der Erleuchtung, denn die Röhren von Eisen oder zinnhaltigem Blei, gestatten jede mögliche Biegung, Krümmung, die eisernen im glühenden, die bleiernen im kalten Zustande, und sie lassen sich entweder an den Wänden fortleiten, indem sie durch Haken daran befestigt werden, oder sie lassen sich in die Wandung selbst einfügen, indem man Rinnen für sie aushaut, sie darin befestigt und die Höhlungen nachher mit Mörtel oder mit Gyps überstreicht, und der übrigen Fläche der Wand gleich macht. Dies Letztere, das bei Weitem Bessere und Schönere wird jedoch in der Regel nur bei Neubauten angewendet.

Da wo nun der Armleuchter, oder Wandleuchter, oder wo der hundertflammige Kronleuchter von der Decke herabhängt, endet die Röhre und fängt der Brenner an.

Dies sind sehr künstliche Instrumente, sie schließen die weite Zuleitungsröhre bis auf eine oder ein paar sehr kleine Löcher. Nach der Zahl dieser und nach der Form, welche die Flamme erhält, wird der Brenner benannt, er heißt also z. B. Einlochbrenner, Zehnloch-, Zwanziglochbrenner ꝛc., oder er heißt Fledermausflügel, Argandtscher-, Fischschwanzbrenner ꝛc. Die

Digitized by Google

erſtgedachten Benennungen werden auch auf die Argandſchen Brenner angewendet; ein ſolcher beſteht aus einer kreisförmigen Röhre, in welche das Gas von einem oder mehreren Punkten eintritt, an der Oberfläche dieſes Kreiſes, vorausgeſetzt, daß derſelbe horizontal liege, ſind nun kleine Löcher, wie Nadelſtiche, gebohrt, zehn, zwölf und mehr, viel mehr; nach der Zahl heißt er ein Argandſcher Zehnloch-, Zwölflochbrenner. Die anderen Brenner werden dadurch erlangt, daß man dem Gaſe beſtimmte Wege vorſchreibt; läßt man es aus einem Spalt austreten, ſo breitet das Gas ſich ganz flach mit einigen Spitzen aus, das heißt ein Fledermausflügelbrenner, von der allerdings ſehr geringen Aehnlichkeit mit den Flatterhäuten der Fledermaus; läßt man zwei feine Gasſtrahlen ſchräg zuſammentreffen, ſo ſtößt ſich einer an dem anderen, und es breiten ſich die zuſammentreffenden Gasmaſſen aus, ſo daß die Form eines Fiſchſchwanzes daraus entſteht — davon hat dieſer Brenner ſeinen Namen. Läßt man einen ſtarken, d. h. nicht dicken aber ſtark getriebenen Strahl aufwärts gegen eine kleine Platte ſtrömen, ſo bedingt die Form dieſer Platte wieder die der Flamme, es kann daraus einen Stern, eine Blume, eine Sonne werden, und auf dieſe Weiſe laſſen ſich unzählige Abwechſelungen finden, erfinden, und die Kunſt iſt gar nicht müßig geweſen. Wer einen jener Zaubergärten beſucht, welche (wie der noch immer Kroll'ſche, nach ſeinem Stifter und Begründer genannte) in großen Städten zu finden ſind, kann, wenn er dergleichen noch nicht geſehen, wirklich zu dem Gedanken verführt werden, ſich in Aladins Mährchenwelt verſetzt zu ſehen, mit dem einen kleinen Unterſchiede, daß hier in der Wirklichkeit Alles bei Weitem prächtiger und glänzender vorhanden iſt, als es der Phantaſie des Erzählers der arabiſchen Mährchen erſcheinen, der ſelbſt nicht träumte von einer Pracht und einem Glanze, wie man ſie jetzt wirklich ſchafft.

Gas als Heizmaterial.

Läßt man das Gas aus einer Röhre mit weiterer Mündung, z. B. von $^1/_{12}$ Zoll Durchmeſſer ſtrömen, ſo erhält man eine Flamme von einer Elle Höhe, welche ziemlich ſtark leuchtet, aber viel Rauch giebt, indem die zutretende Luft nicht genügend Sauerſtoff bietet, um die Kohle, die im Gaſe der leuchtende Theil iſt, vollſtändig zu verbrennen, zur Weißglühhitze zu bringen. Vermiſcht man vor dem Verbrennen dieſes Gas mit der atmoſphäriſchen Luft, ſo erhält man Knallgas — entzündet man dieſe Miſchung, ſo erfolgt eine Exploſion. Wenn man aber die Miſchung durch ein feines Drahtnetz, durch ein Drahtgewebe (Toile metallique nennen es die Fran-

Digitized by Google

zosen) gehen läßt und dann anzündet, so verbrennt nur diejenige Menge, welche nach und nach das Gewebe durchstreicht, und hinter das Netz dringt die Flamme nicht, eine Explosion findet also nicht statt. Nun hat das Gas genug Sauerstoff bei sich, um zu verbrennen, ohne einen Rückstand der Kohle, die sich als Ruß zeigte, aber nun leuchtet es auch nur sehr wenig; wenn man die Gasströmung richtig regelt, so brennt die Flamme so breit wie ihr irgend gestattet ist, aber ganz niedrig; diese wenig leuchtende, aber stark heizende Flamme wurde von dem Ingenieur Elsner in Berlin zu einer großen Menge der sinnreichsten Heizapparate verwendet, welche bis vor einigen Jahren patentirt waren, und welche sich jetzt, wenn schon noch nicht in der Vollkommenheit der Elsner'schen nach allen Richtungen hin ausbreiten.

Ueber die kleinere Oeffnung eines abgeschnittenen Kegels von Eisenblech (für elegante Apparate auch von Messing) wird das Drahtnetz gespannt, darüber, in der Entfernung von ¼ Zoll, befindet sich die Vorrichtung, auf welche der zu erhitzende Gegenstand gestellt, gelegt werden soll. Der Kegel oder Trichter hat eine Seitenöffnung, in welche man den Gasschlauch führt und er hat drei Füße, um so hoch über einem Tisch oder dem Heerde zu stehen, daß von unten her reichlicher Luftzutritt stattfinden kann.

Ueber das Drahtnetz stellt der einsame Junggesell oder die sorgsame Hausfrau den Kessel, um das Kaffeewasser zu kochen, den Topf um die Sahne zu wärmen, über das Drahtnetz stellt der Schneider sein Bügeleisen, legt der Friseur seine Haarzange, bringt der Tischler seinen Leimtiegel und der Buchbinder seine Metallstöcke, mit denen er das Leder pressen oder vergolden will. Aber eben so gut wie man etwas über das Feuer stellen kann, um es zu kochen, kann man es auch neben das Feuer stellen oder hängen, um es zu braten, und so bedient sich in großen Hotels jetzt schon der Koch eines Elsner'schen Heerdes, um den Fasan oder die Rehkeule daran zu braten, so weich und so saftig wie es bei keinem andern Feuer gelingt.

Bewundernswürdig mannigfach ist die Anwendung dieser Apparate, und eben so bewundernswürdig die Phantasie und die Geschicklichkeit Elsners, jedem Bedürfniß eine passende Form anzuschmiegen, denn er giebt dem Chemiker eben so gut seine zwei Ellen lange schwächere oder stärkere Flamme zur Analyse organischer Körper, wie dem Goldarbeiter eine wahre Knallgasgebläsehitze zur Schmelzung des Goldes und des Silbers in Hessischen Tiegeln, oder wie dem Zinngießer und dem Klempner einen Löthkolben, um zwei kleine Stückchen Blech zu einem Trichter, oder zur fünfzehn Centner schweren Bleiplatte, zu einer Schwefelsäurekammer zusammen zu löthen.

Digitized by Google

Das Merkwürdigste bei allen dem ist noch der geringe Consum von Brennmaterial, man kocht ein Quart Wasser mit derjenigen Geldausgabe, welche nöthig sein würde um das Feuer, welches dem Wasser die Siedhitze geben soll, anzuzünden, man würde, um ein Quart Wasser mit Holz zu kochen, zum Mindesten zwölf Mal so viel Geld brauchen, als man in Gas verbrennt, denn mit 1 und ½ Kubikfuß Gas bringt man dies Quart zum kochen, und erst zwei volle Kubikfuß kosten einen Pfennig. Es ist aber keinem Zweifel unterworfen, daß selbst dieser Preis des Gases bei größerer Consumtion noch auf die Hälfte reducirt werden kann und wohl auch werden wird, wenn die Eisenbahngesellschaften sich mit den Gaserleuchtungsgesellschaften verbinden. Die ersteren brauchen Coaks, die letzteren Gas. Wenn die ersteren den Gasgesellschaften die Kohlen umsonst geben, damit sie ihnen die Coaks umsonst zurück liefern, so ist Beiden ein ungeheurer Vortheil geboten und dem Publikum gleichzeitig. Die Coaks für die Eisenbahnen dürfen nicht so stark von Gas entleert, nicht so leicht sein, als die Gasgesellschaften dieselben liefern; daß diese Letzteren sie so stark ausbeuten, kommt daher, weil sie aus möglich wenig Steinkohlen möglichst viel Gas haben wollen, allein das Gas, welches sie in der zweiten Hälfte der Erhitzung der Steinkohlen gewinnen, leuchtet nicht, es ist nur Wasserstoffgas; aber es füllt die Gasbehälter — würden sie die Steinkohlen umsonst haben, so würden sie dieselben nicht erschöpfen, sondern nur ihres Aetheringases und Grubengases berauben, und das Wasserstoffgas darin unangetastet lassen, dadurch bleiben die Coaks compacter (wie die Locomotiven dieselben brauchen) und das gewonnene Gas wäre leuchtender (wie die Consumenten es brauchen), dieselben kämen daher mit einer geringeren Menge Gas aus, und diese könnten sie wohlfeiler erlangen.

Wenn es einmal so weit ist, wenn die Eisenbahngesellschaften keine Coaksöfen mehr zu bauen brauchen, und die vorhandenen eingehen lassen, wenn die Städte nicht mehr durch den furchtbaren Qualm belästigt werden, und das Gas um die Hälfte wohlfeiler sein wird als jetzt, dann wird auch das Heizen der Zimmer und Säle mit Gas nicht mehr eine Chimäre sein. Was die Letzteren betrifft, je größer sie sind, bis zu der ungeheuren Räumlichkeit sehr großer Kirchen, so werden diese schon jetzt durch Gas viel wohlfeiler geheizt als durch Holz, und was die Hauptsache dabei ist, sie werden geheizt, was man von der verfuchten Heizung mit Holz gar nicht sagen kann. Ein Beispiel der größten Art lieferte vor einigen Jahren die Catharinenkirche in Hamburg, welche man durch mehrere Oefen mit Holz und Torf und Steinkohlen zu heizen suchte, jedoch vergeblich, denn die ungeheure Steinmasse verschlang die entwickelte Wärme, und man mußte acht Tage

Digitized by Google

lang ununterbrochen fortfahren mit Heizen, um nur wenigstens auf den Emporkirchen einigen Effect zu erzielen, bis auf den Boden der Kirche drang die Erhöhung der Temperatur nicht, die Kosten waren aber sehr groß.

Man entschloß sich nun von den Elsner'schen Kaminen Gebrauch zu machen. Diese sind nichts anderes als die vorher beschriebenen Apparate in vergrößertem Maßstabe, so daß die Gesammtfläche aller Metallgewebe, welche in Streifen von 2 Zoll Breite treppenförmig neben einander geordnet sind, mehrere Quadratfuß einnehmen. Acht derselben an verschiedenen Punkten der Kirche aufgestellt brachten eine Staunen erregende Wirkung hervor. In einer Stunde hatte die ganze mächtige Kirche eine Temperatur von 12 Grad über Null erreicht, obwohl der Wintertag beinahe eben so viel unter Null brachte, und die Kosten der Heizung betragen 8 Thaler, kaum den zehnten Theil dessen, was man ohne Erfolg für Holz verbraucht.

Die Sache ist einfach genug. Das verbrennende Wasserstoffgas hat Glühhitze, der Sauerstoff, welcher sich mit der Kohle und dem Wasserstoff zu Kohlensäure und Wasser verbindet, hat gleichfalls eine Temperatur von mehreren hundert Graden, sie wird dem mitgehenden Stickstoff mitgetheilt, und der so vereinigte Strom von Kohlensäure, Wasserdampf und Stickstoff eilt mit einer Geschwindigkeit von 25 Fuß in der Sekunde empor, um der mit gleicher Geschwindigkeit nachströmenden Luft Platz zu machen. Dieser Strom vermischt sich sehr bald mit der Luft, durch welche er hindurchgeht, und theilt ihr seine Temperatur mit, die er natürlich selbst verliert, denn was er abgiebt, kann er nicht mehr behalten. Ist die Luft in der Kirche gerade 0 Grad warm, und der Luftstrom hat eine Hitze von 400 Graden, und er erwärmt im Hindurchgehen 39mal so viel Luft als er selbst führt, so werden alle vierzig Theile (die vierhundert Grad heiße Luftsäule als vierzigster mit in die Rechnung gezogen) eine Temperatur von 10 Grad über 0 haben.

Daß diese Rechnung richtig sei, versteht sich eigentlich von selbst, denn sie stützt sich auf die seit einem Jahrhundert ermittelte Mischungstemperaturen gleichartiger, so wie ungleichartiger Körper, allein es haben auch direkte Versuche, in neuester Zeit ausgeführt, die Richtigkeit der theoretischen Annahme vollständig bewiesen. Die Philippskirche in Berlin hat einen Inhalt von 92000 Kubikfuß, sie wird mittelst zweier Elsner'scher Kamine geheizt. Diese Kirche fordert bei einer Kälte von 4 Graden nicht mehr als 240 Kubikfuß Gas, um — und zwar binnen 25 Minuten — auf 10 Grad erwärmt zu werden, wobei die Temperatur in dem höchsten Raum nur um 1½ Grad mehr beträgt als ganz unten.

Von da wo die Temperatur erlangt ist, genügt der vierte Theil des

Digitized by Google

Gases zur Erhaltung derselben Wärme für dieselbe Zeit, also 60 Kubikfuß für dieselbe Zeit, oder 120 Kubikfuß für die Stunde. Nach diesem Maßstabe berechnet Elsner seine Forderungen mit einer mäßigen Summe für seine Bemühung, und auf dieser Basis hat er bereits seit vier Jahren einen Vertrag für die Heizung des Domes in Berlin, und neuerdings ist dieser Vertrag auf weitere vier Jahre verlängert worden.

Der Dom hat 560000 Kubikfuß Raumesinhalt (d. h. so viel als 160 große Zimmer von 12 Fuß Höhe), seine sehr hohen Fenster haben durchaus keinen guten Verschluß, durch seine mächtigen Thüren strömt eine Stunde lang, während des Heizens, unaufhörlich die Gemeinde hinein, für jeden Einzelnen wird die Thüre geöffnet, es entsteht dadurch ein sehr bedeutender Wärmeverlust, dennoch kann diese Kirche durch acht Elsner'sche Kamine geheizt werden. Bei verschlossenen Thüren und einer Temperatur von 4 Grad unter Null, geschieht dies binnen 40 Minuten und mit einem Gasaufwande von 1500 Kubikfuß, bei dem gewöhnlichen Aus- und Einströmen der Gemeinde braucht man zur Erlangung derselben Wärme, nämlich 10 Grad über 0, eine Stunde und an Gas 2000 Kubikfuß, um unter den nämlichen ungünstigen Umständen diese Temperatur unvermindert zu erhalten, braucht man für jede Stunde 1000 Kubikfuß Gas, also für einen Vormittagsgottesdienst 4 Thaler und 20 Silbergroschen. Es leuchtet ein, daß es schwerlich eine wohlfeilere Heizungsmethode geben könne.

Für den Privatgebrauch haben diese Veranstaltungen noch ein großes Uebel, sie sind ziemlich theuer, und sie werden es noch mehr durch die Nothwendigkeit einer Röhrenleitung von dem Gasrohr der Straßenbeleuchtung her — wer aber sein eigenes Haus hat, kann nichts Besseres thun, als sich solche Einrichtung verschaffen, denn binnen zwei Jahren sind die Kosten der Anlage durch Ersparniß an Brennmaterial hinreichend gedeckt, und jedes folgende Jahr wirft einen entschiedenen Gewinn ab, in der Ersparniß von fünf Sechstheilen des Brennmaterialwerthes. Es ist bei der Beleuchtung durch Gas eben so. Der Verfasser hat für seinen Privatgebrauch vier Gasflammen, welche im Winter allabendlich vier bis sechs Stunden brennen, von denen zwei aber auch jeden Morgen von 5 bis 8 oder halb neun benutzt werden. Die Rechnung für das verbrauchte Gas betrug jährlich 12 Thaler, natürlich während des Sommers viel weniger als während des Winters. Der Verf. hat jährlich für mehr als 12 Thaler Weingeist zur Berzeliuslampe gebraucht, welche gleichfalls durch Gas ersetzt wird, und vier Argandt'sche Lampen würden während eines Winters nach der Zeit, in welcher sie für den Verfasser brennen, an Oel wenigstens 60 Thaler

Digitized by Google

fordern, und nicht einmal die gleiche Menge Licht geben, abgesehen von der viel größeren Bequemlichkeit, Reinlichkeit u. s. w.

Man hat gegen die Heizung mit Gas eingewendet, sie gebe eine trockne Hitze, wie die Luftheizung, und bringe eine Menge schädlicher Gasarten in den Heizraum; das Erstere ist durchaus nicht richtig, im Gegentheil ist die Wärme eine feuchte, denn während des Brennens wird aus dem Wasserstoff des Leuchtgases und einem Theile des zur Verbrennung dienenden Sauerstoffs der Luft Wasser in Dampfform, es entsteht also Feuchtigkeit, und es wäre eher diese als zu große Trockniß zu besorgen — das zweite betreffend, so ist allerdings richtig, daß der durch den Apparat gehenden, atmosphärischen Luft der Sauerstoff entzogen wird, allein wie viel Kohlensäure (die schädliche Gasart) entsteht denn? Wenn man zu einem Zimmer von 4000 Kubikfuß Inhalt 12 Kubikfuß Leuchtgas braucht, so kann, da viel über die Hälfte davon, der Wasserstoff, zu Wasser wird, nicht mehr als die Hälfte zu Kohlensäure werden, es gehört schon ein sehr feiner Apparat dazu, ein Tausendstel der Mischung festzustellen, und dies wäre ungefähr der Gegenstand, um den es sich handelt, die menschlichen Athemwerkzeuge, welche selbst unaufhörlich Kohlensäure und Wasserdampf, also dieselben Produkte, welche verbrennendes Leuchtgas liefert, erzeugen, empfinden diese geringfügige Veränderung der atmosphärischen Luft nicht, und der Verfasser kennt Personen, welche seit 15 und mehr Jahren unaufhörlich in Räumen leben, die lediglich durch solches Gas geheizt sind, das als Licht verbrennt (wobei viel mehr Gas verbraucht wird, als zur Heizung nöthig wäre) und die sich dabei eines unveränderten Wohlseins erfreuen.

Es bleibt nur noch zu erklären, woher die starke Heizkraft des Gases wohl kommen möge! Ehrlich gesagt, lieber Leser, sie ist eigentlich gar nicht da, aber alle Wärme, welche in dem Heizraum (in dem Zimmer), erregt wird, bleibt in demselben, während bei der Heizung mittelst eines Ofens die in dem Heizraum erregte Wärme (der Heizraum ist hier nicht das Zimmer, sondern der Ofen) hinausgeht, zu sieben und neunzig Hundertheilen, und nur drei Hunderttheile dem Ofen und durch diesen in einem langen Zeitraum nach und nach dem Zimmer zu gute kommen.

Der Vorschlag, die Erzeugung schädlicher Bestandtheile der Luft bei der Gasheizung zu verhindern, dadurch, daß man den Gasofen construire wie einen anderen Ofen, zeigt nur, daß die Heizungsart des Gases gar nicht verstanden ist. Nehme man einen Ofen von dem dünnsten Kupferblech, der aber ein Abzugsrohr hätte, welches aus dem Zimmer nach dem Rauchfang führte, so würde alsbald derselbe Fall eintreten wie bei der Heizung mit Holz, man würde dreißig, vierzig Mal so viel Gas brauchen,

Digitized by Google

als man auf diejenige Weise braucht, welche für Gasheizung allein geeignet ist. Umgekehrt könnte man einen Raum durch Holz heizen mit dem dreißigsten, vierzigsten Theile, den man im Ofen braucht, wenn man das Feuer mitten im Zimmer anzündete und keinen Rauchfang hätte — was würde aber mit den Bewohnern des Zimmers? — ja wenn es Schinken und Speckseiten wären, diese befinden sich im Rauche ganz wohl — lebende Geschöpfe, Menschen nicht. Dieser Rauch heizt auch, ist aber für die Athemwerkzeuge unerträglich. Verbrennende Substanzen, welche keinen Rauch geben, thun dasselbe wie Gas; so kann man ein Zimmer, ja große Säle heizen, wenn man eine angemessene Anzahl von flachen Gefäßen mit Weingeist füllt und diesen anzündet. Hier findet dasselbe Statt wie bei der Verbrennung des Leuchtgases, es wird Kohlensäure und Wasserdampf erzeugt, und der Bewohner eines so geheizten Raumes wird nicht belästigt, nur ist die Methode viel theurer als die Heizung mit Gas.

Transportables Gas.

Transportabel macht man dieses Gas auf zweierlei Weise. Man hängt an die Enden der Gasleitungsröhren luftdichte Schläuche von Gummi elasticum, welches mit Schwefel zusammen geschmolzen, nun nicht mehr auflöslich ist, und an die Enden dieser Schläuche bringt man die Lampenvorrichtung. So weit nun solch ein Schlauch es gestattet, kann man die Lampe hin setzen wohin man will. Die zweite Art ist die Compression des Gases in dem Fuß dieser Lampe. Mit einer gewissen Vorsicht kann man wohl das Gas in kleine Behälter, die deßhalb sehr dickwandig sein dürfen, bis auf den sechszigfachen Inhalt bringen, allein wenn der Fuß, doch ohne sehr ungeschickt zu werden, nicht mehr als ein zwanzigstel Kubikfuß fassen kann, so ist die gefährliche Füllung doch nur für eine Stunde genügend — höchstens bei großer Sparsamkeit für anderthalb. Man vereinigt daher die Compression mit der Schlauchleitung, indem man messingene Cylinder, welche etwa 2 Kubikfuß halten, und deren Widerstandsfähigkeit man geprüft hat, bis auf dreißigfachen Druck, d. h. mit 60 Kubikfuß Gas füllt. Hieran bringt man nun den Schlauch und führt denselben den Lampen zu. Auf solche Weise ward bis vor Kurzem (ob noch gegenwärtig ist dem Verfasser unbekannt) die Kaiserliche Burg zu Wien beleuchtet, jedenfalls die allergefährlichste Art von Erleuchtung, welche man sich denken kann. Unter den Sophas, unter fest stehenden Tischen, unterhalb dort befindlicher Möbeln wurden diese Cylinder verborgen und von denselben die Leitungsröhren nach den Kronleuchtern, Armleuchtern, Candelabern u. s. w. geführt.

Digitized by Google

Sieht es nun ſchon ſchlecht aus, wenn die metallenen Gasleitungsröhren an den Wänden ſichtbar fortlaufen (ſtatt in denſelben verſenkt und dann überputzt und durch Tapeten oder den Anſtrich des Zimmers verborgen zu ſein), ſo iſt dies noch viel übler mit den biegſamen Schläuchen, welche ſich hindernd und unſchön wie langes, ſchlangenähnliches Gewürm über Tiſche und ſonſtige Möbeln hinziehen — (bequem für das Arbeitszimmer und die Werkſtatt, in welchen nur auf den Lichteffekt und auf die Annehmlichkeit demſelben jede beliebige Stelle anzuweiſen, geſehen wird, aber höchſt entſtellend für den Salon). Das Uebelſte dabei aber iſt die große Gefahr, in welcher diejenigen ſich befinden, welche ſolch ein Zimmer bewohnen, ſie ſitzen auf einer Pulvertonne, in jedem Augenblick iſt das entſetzlichſte Unglück zu erwarten, unverzeihlicher Leichtſinn muß den Unternehmern vorgeworfen werden, wenn auch noch kein Unglück geſchehen iſt, ſo iſt daſſelbe doch in jedem Augenblicke möglich, und beſonders deshalb, weil man bei der Füllung nicht die nöthige Vorſicht anwendet. Die Gascylinder ſind auf 36 bis 40 Atmoſphären geprüft. Man bringt nie mehr als ihr 30faches Volumen hinein — nun bleibt aber jedesmal etwas Gas in dem Behälter, wenn dann jedesmal ein 30faches Volumen hinzu gethan wird, ſo beträgt der Inhalt deſſelben bald das 60fache ſtatt des 30fachen. Kommt nun auch ein Beamter hinter dieſen Mißbrauch, und ſtellt er ihn ſogar ab, ſo wird doch durch die vorangegangene Ueberladung das Gefäß ſo ſehr verletzt, in ſeinen Fugen ſo gewaltig geſpannt, daß es bald einen viel geringeren Druck nicht mehr ertragen kann.

Photometrie.

Sehr einleuchtend iſt einem Jeden, der zwei verſchiedene Lichtquellen gleichzeitig oder bald aufeinander, wirken ſieht — den Mond und die Sonne, eine Wachskerze oder eine Argand'ſche Lampe — daß ihre Lichtſtärke, ihre Leuchtkraft verſchieden ſei. Wie aber dieſe Verſchiedenheit meſſen? Nie mehr als jetzt, wo die Gasbeleuchtung ſich immer allgemeiner geltend macht, iſt die Nothwendigkeit eines ſolchen Meßapparates fühlbar geworden, nie mehr als jetzt fühlt man die Unzulänglichkeit der vorhandenen Mittel, und doch kennt man keine beſſeren. Man kann nichts als zwei Lichtquellen mit einander vergleichen, aber von welcher ſoll man ausgehen! Nun jedenfalls von einer conſtanten, und wo möglich von einer außerirdiſchen — von dem Monde etwa. Durch eine Lampe wird ein Licht erzeugt, was denſelben Effect hervor bringt wie der Mond, oder einen größeren, kleineren.

Digitized by Google

Iſt denn aber das Mondlicht immer gleich? — er wechſelt, wir ſind mithin auf eine beſtimmte Mondphaſe angewieſen — wir wollen den Vollmond nehmen — iſt denn das Licht des Vollmondes immer gleich? ſteht er nicht bald höher bald niedriger? Wir wollen den Vollmond nehmen, wenn er 45 Grad hoch am Himmel ſteht — iſt ſein Schein denn nun immer gleich? Thut Sonnennähe und Erdferne, oder Erdnähe und Sonnenferne nicht ſehr viel? Thut nicht noch viel mehr die Durchſichtigkeit der Luft? iſt bei ſogenanntem heiteren Himmel die Farbe des Himmelsgewölbes nicht einmal weißlich, ein andermal ſehr hellblau, ein andermal dunkler, aber noch immer hellblau — noch ein andermal mehr oder minder dunkelblau — dies Alles ſind Umſtände, welche berückſichtigt werden müſſen, und ſie ſind ſo gar nicht in der Gewalt des Menſchen, daß dies allein ſchon genügt, um ſolche Lichtquelle als Einheit zu verwerfen, was gehört dazu, daß gerade gleichzeitig der Mond in der Erdnähe, die Erde in der Sonnennähe, im Vollmonde, 45 Grad hoch, am ganz heiteren, dunkelblauen Himmel ſtehe — fehlt *nur eine* dieſer Bedingungen, ſo haben wir nicht mehr Licht von der geforderten Stärke.

Man iſt deßhalb auf das Einfachſte, die Wachskerzen-Flamme, zurückgegangen, wiewohl ein Jeder leicht einſieht, daß auch hier vieles auf die Dicke der Wachskerze, die Dicke des Dochtes, den Stoff des Dochtes, das Verhältniß der Dicke des Dochtes zur Dicke der Wachskerze, auf die Reinheit des Wachſes oder ſeine Verſetzung mit Talg, mit Harz und ähnlichen Verfälſchungsmitteln ankommt. Allein es iſt bei alledem die Wachskerzen-Flamme noch immer der beſte Anhaltepunkt zur Vergleichung, da es doch einmal kein abſolutes Maaß des Lichtes giebt.

Dieſe Vergleichung ſtellte Rumford ſo an, daß er den Schatten eines Gegenſtandes von zwei Lichtpunkten beleuchtet, auf eine Fläche fallen ließ und dann die Stärke des Schattens beurtheilte. Geſetzt, ein Bogen Papier ſei an einer Wand befeſtigt, auf einem Tiſche, 1 Fuß weit davon (auch mehr oder weniger, dies iſt gleichgültig), ſtehen ein undurchſichtiger Gegenſtand, ein Lineal, ein Bleiſtift aufrecht, und in einer beliebigen Entfernung davon ſtünden zwei brennende Lichter, ſo daß der Schatten des Lineals von Beiden auf das Papier fällt.

Sehr leicht iſt es, die Stärke dieſer Schatten zu beurtheilen, das ſtärkere Licht giebt den dunkleren Schatten, man wird alſo ſofort ſagen können, welches Licht heller leuchtet. Nun kommt es aber darauf an, zu wiſſen, *wie viel* heller das ſtärkere Licht leuchtet. Da giebt uns das Geſetz, daß die Lichtſtärke oder die Lichtwirkung eines leuchtenden Punktes ſich richtet nach den Quadraten der Entfernungen, einen ſehr ſicheren Boden. Geſetzt,

Digitized by Google

wir hätten eine Kerzenflamme und die Flamme einer Aſtrallampe. Die Schatten ſind höchſt verſchieden, man muß alſo die Lampe viel weiter von dem Papier entfernen als das Licht, um gleiche Lichtmengen darauf zu bringen, und das verſucht man ſo lange, bis die beiden Schatten ganz gleich ſind. Nehmen wir nun an, die Lichtflamme ſtehe 2 Fuß von dem Papiere entfernt, um aber durch die Lampe von dem Lineal einen Schatten zu erhalten, welcher ganz gleich ſei dem Schatten, den die Kerzenflamme giebt, müſſe man die Lampe 4 Fuß weit von dem Papiere entfernen, ſo verhält ſich die Stärke der einen Flamme zur andern, wie die Quadate ihrer Entfernungen d. h., wie 2mal 2 zu 4mal 4, oder wie 4 zu 16 oder wie 1 zu 4.

Man wird auch mit ganz anderen Zahlen ganz daſſelbe Verhältniß heraus bekommen, wenn nur die beiden Lichter in demſelben Verhältniß leuchten. Setzen wir den Fall, dieſelben beiden Erleuchtungsmittel, die Kerze und die Lampe, welche wir ſoeben gebraucht haben, werden unmittelbar nach Erzielung des gedachten Reſultats, und ohne Veränderung an ihren eben jetzt leuchtenden und brennenden Theilen ſo geſtellt, daß das Licht nicht 2, ſondern 3 Fuß von der beleuchteten Fläche ſtünde, und man brächte jetzt die Lampe, welche viel heller leuchtet, in eine ſolche Entfernung, daß der Schatten des Lineals von der Lampe, dem durch das Licht erzeugten Schatten gleich ſei, ſo muß dies, wie wir bereits vorhin geſehen haben, bei der doppelten Entfernung ſtatt finden, d. h. bei 6 Fuß, und verhalten ſich die Lichtſtärken wie 3 . 3 zu 6 . 6, d. h. wie 9 zu 36, d. h. wie 1 zu 4.

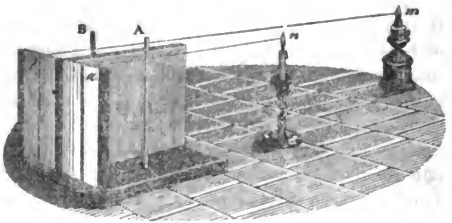
Geſetzt, wir verglichen eine lebhafte Gasflamme mit einer Kerze, und fänden, daß wenn die Kerze 5 Fuß von der weißen Wand ſtehe, die Gasflamme 20 Fuß entfernt werden müſſe, um einen gleichen Schatten zu erzeugen, ſo würde man ſagen, es verhalte ſich die Erſtere zur Letzteren wie 5 . 5 zu 20 . 20, d. h. wie 25 zu 400, d. h. wie 1 zu 16, es leuchtet alſo dieſe Gasflamme ſechszehn Mal ſo ſtark als die Lichtflamme, oder um einen gleichen Effekt durch Kerzen hervorzubringen, müßte man ſechszehn Kerzen anzünden.

Hiermit iſt eigentlich alles geſagt, was ſich über Photometrie ſagen läßt, denn darauf ſtützt ſich die ganze Lehre, wir haben keinen anderen Vergleichspunkt. Um das Geſagte aber deutlicher und anſchaulicher zu machen, wollen wir demſelben eine Zeichnung beifügen, welche aus Ganot Traité de Physique entlehnt iſt und Rumfords Methode angiebt.

Statt daß der Papierbogen an einer Wand aufgeſpannt iſt, befindet derſelbe ſich hier in einem Rahmen und er wird als durchſcheinende Fläche behandelt, was allerdings gleichgültig, nur etwas weniger einfach iſt. n und

Digitized by Google

Fig. 557.



m sind zwei Lichtquellen, welche von den Stäben A und B Schatten werfen, a und b auf den Papierbogen. Sind die Schatten ganz gleich, so ist die Wirkung der beiden Quellen, der Kerze und der Lampe gleich, und die Entfernung, in welcher dies Statt findet, giebt den Maßstab an, nach welchem ihre Lichtstärke zu beurtheilen ist. Gesetzt, n stehe von der Papierwand um 15 Zoll, m aber um 45 Zoll ab, so werden die Lichtstärken der beiden Flammen sich verhalten wie die Quadrate der Entfernungen, d. h. wie 225 zu 2025, reducirt man dies durch Division auf einfache Zahlen, so erhält man mit 5 etwa — 45 : 405 oder noch einfacher mit 9 rund 1 : 9, indem 225 in 2025 gerade 9mal aufgeht, so wie 45 in 405 gleichfalls. Es ist hier absichtlich ein etwas verwickeltes Beispiel gewählt, um den Lesern zu zeigen, daß es sich gar nicht um 1 Fuß und 2 Fuß handelt — was auch durchaus nicht immer so zutreffen wird, sondern, daß man mit viel größeren Zahlen doch zu demselben Resultat gelangt.

Wie hier Rumfort durch den Schatten, so mißt Wheatstone die Lichtstärke durch den Reflex von einer Stahl- oder Glasperle P, welche auf dem äußersten Umfange einer Scheibe sitzt, welche durch eine kleine Maschinerie eine doppelte Bewegung erhält. Der Apparat besteht aus einer metallenen Büchse, deren oberer Deckel durch eine Handhabe A von unten her gedreht werden kann. Auf diesem Deckel befindet sich bei a, so weit vom Mittelpunkt, wie von der Circumferenz eine Axe, auf welcher die anfangs gedachte Scheibe sitzt. Der äußere Umfang der Büchse bildet ein Kronrad. Die kleine Scheibe hat ein Stirnrad, wenn man mittelst der Handhabe A den Deckel dreht, so bewegt sich die kleine Scheibe um diese Axe, da ihr Umfang zu jenem der ganzen Dose sich aber verhält wie 1 zu 4, so macht sie selbst vier

Fig. 558.

Digitized by Google

Umdrehungen um ihre eigene Axe, während die Axe selbst einmal in einem großen Kreise umher geführt wird.

Betrachtet man nun in dem schnellen Laufe, welchen die Scheibe annimmt, die Perle im Scheine eines Lichtes, so sieht man eine vierfach verschlungen leuchtende Linie, sind zwei Kerzen in einiger Entfernung von einander, so zeigt sich die nebenstehende Figur, die Linien sind nämlich doppelt.

Fig. 559.

Die verschiedene Stärke derselben dient nun als Mittel zur Vergleichung der Lichtstärken der beiden Flammen, und man entfernt oder nähert dieselben dem Apparate so lange bis beide Linien gleich stark sind (welche unsere Figur ungleich zeigt). Nunmehr hat man, wie vorhin bei den Schatten so jetzt bei den Lichtlinien, einen Anhaltspunkt, und man kann sagen, diese beiden Flammen, welche gleichen Schein verbreiten in den Entfernungen von 1 und 4, verhalten sich in ihrer Stärke wie 1 zu 16 — die entferntere wirkt 16mal stärker als die nähere.

Alles dies ruht aber auf schwankendem Grunde, man hat, wie bereits gesagt, keinen Anfangspunkt — man kann nicht sagen, dies Licht ist so oder so stark, sondern nur, es ist so viel Mal schwächer oder stärker als jenes. Es wäre sehr wünschenswerth ein Photometer zu besitzen, welches eine bessere Basis hätte, und jeder meiner Leser, der ein solches erfindet, erwirbt sich ein dauerndes und bedeutendes Verdienst um die Physik, so wie um die Technik.

Bei der Photometrie ist es von Wichtigkeit, eine gleich bleibende Lichtquelle zu haben, mit welcher man die andere Lichtquelle vergleicht. Eine solche gewährt die Uhrenlampe, diejenige, welche in neuester Zeit von Carcell wieder erfunden worden, nachdem sie von Leroy am Anfange dieses Jahrhunderts, und von Wagemann, dann aber von Stobwasser in Berlin, in den zwanziger Jahren, in höchst eleganter Form dargestellt worden ist. Das Oel befindet sich in dem Fuß der Lampe und wird dem Dochte unaufhörlich in einer um etwas größeren Menge zugeführt, als genau zur Ernährung der Flamme nöthig ist, dies hat zur Folge, daß die Flamme ganz gleich hell brennt, nachdem einmal alle Theile gehörig erwärmt worden. Dieser Flamme bedient man sich jetzt gern zum Anhaltspunkt für die Vergleichung der Lichtstärke, allein ich glaube mit Unrecht, denn solche Uhrenlampen aus verschiedenen Fabriken werden immer verschiedenes Licht geben, wenn auch sie unter sich selbst gleich sein sollten, ferner werden sie auch nicht nach derselben Chablone verfertigt, wodurch natürlich wieder ein be-

Digitized by Google

deutender Unterſchied in der Leuchtkraft entſteht, indeß bei Wachslichtern, z. B. 8 auf das Pfund, welche man gewöhnlich zu vergleichenden Verſuchen als Einheit wählt, mit dem Worte Achter die Länge, die Dicke der Wachsmaſſe, die Dicke des Dochtes ꝛc. gleich mit gegeben iſt, auch kann man ſich durch Vergleiche der Lichter aus verſchiedenen Fabriken leicht überzeugen, daß ihre Leuchtkraft bis auf einen Bruchtheil ziemlich dieſelbe iſt, und daß ferner der Unterſchied zweier Uhrenlampen, hinſichtlich der Leuchtkraft, auch wenn ſie aus derſelben Fabrik herrühren, viel größer iſt. Immer müſſen wir aber wiederholen, daß unſere ganze Photometrie etwas ſehr Unvollkommenes iſt.

Bevor ich von meinen Leſern Abſchied nehme, will ich noch bemerken, daß drei Monate nach dem Druck des zehnten Bogens dieſes Theiles, auf welchem der archimediſchen Schraube, als eines Mittels ſich in die Luft zu erheben, gedacht iſt — das zehnte Heft von Weſtermann's illuſtrirter Monatsſchrift in meine Hände kam. Dies gediegene, trefflich redigirte Journal enthält einen Aufſatz über denſelben Gegenſtand. Da im Juli 1857 der zehnte Bogen des dritten Theiles noch nicht ausgegeben war, ſo kann von einer Benutzung meiner Idee, durch den ungenannten Verfaſſer jenes Aufſatzes gar keine Rede ſein da es mir jedoch von Werth iſt, die Priorität der Idee für mich feſt zu ſtellen, ſo laſſe ich hier einen an Beuth in Berlin gerichteten Brief und die Antwort deſſelben, beide vor mehr als 16 Jahren geſchrieben, folgen:

Brief an Beuth.

Hochwohlgeborner Herr!

Wir leben in einer Zeit großer Erfindungen und Entdeckungen und dennoch iſt es bis jetzt noch nicht gelungen, ein Mittel zu finden, was uns, ohne den Luftball zu Hülfe zu nehmen, über die Erdoberfläche erhöbe, wohl weil man dieſes Mittel ſtets auf einem falſchen Wege geſucht, weil man ſtets verſucht hat, dem Menſchen Flügel anzubinden, nicht bedenkend, daß

Digitized by Google

derſelbe weder an Armen noch an Beinen Muskeln beſitzt, ſtark genug, um ſo große Schwingen, wie er brauchen würde, mit der nöthigen Kraft und Schnelligkeit in Bewegung zu ſetzen.

Da mein ganzes Leben dem Studium der Mathematik und Phyſik gewidmet war, ſo mag es natürlich erſcheinen, daß ich dann und wann auch an dies bisher noch nicht gelöſte Problem dachte — dem Glücke wohl weit mehr und der Majeſtät des Zufalls aber danke ich die Löſung, und ich übergebe, was bisher für Jedermann ein Geheimniß war, Ew. Hochwohlgeboren zur Anſicht, zum beliebigen Gebrauch, zur Veröffentlichung, ohne eine Forderung irgend einer Art daran zu knüpfen.

Daſſelbe Prinzip, nach dem durch die ſchwerfälligen Flügel der Windmühle ein ungeheures, grob gearbeitetes Räderwerk, und viele Centner ſchwere Mahlſteine in Bewegung geſetzt, oder ſchwere Blöcke zerſägt werden, daſſelbe, was in einem zwar 800 Mal ſchweren Element, dafür aber auch eine 800,000mal ſchwerere Maſſe, ein Dampfſchiff neuerer Bauart treibt — die ſchiefe Fläche in Geſtalt einer Schraube, iſt dasjenige, was auch Laſten durch die Luft tragen kann.

Ein Fallſchirm von 18 Fuß Durchmeſſer trägt 500 Pfund. Schneidet man aus einem Stück Papier eine Spirale, und beſchwert man das Centrum derſelben mit einem Schrotkorn, ſo wird, aus der Höhe von 6 Fuß fallen gelaſſen, ſie ſich ſchnell um ihre Axe drehen. Könnte man ſie in entgegengeſetzter Richtung um ihre Axe drehen, ſo müßte ſie ſich erheben *).

Meine Idee iſt nun dieſe: an einem ſenkrecht ſtehenden, hohlen Eiſencylinder von 12 — 18 Fuß Länge, befeſtige man oben die Stangen eines Schirmes, nicht in Gelenken, ſondern durch Schrauben. Dieſelben müſſen, um eine erwachſene Perſon zu tragen, 9 bis 10 Fuß Länge haben, und müſſen, um eine Schraube zu bilden, in einer zweimal um den Cylinder laufenden Spirale auf einander folgen. Die Stäbe werden einen Fuß weit vom Centrum (von der Stange, welche ſie alle trägt) durch einen ſchwachen Metallſtab mit einander verbunden, in deſſen Zwiſchenräumen Schraubenlöcher befindlich, um noch mehr Schirmſtäbe aufzunehmen. Eine dritte und vierte Verbindung der Art wird dem Ganzen Feſtigkeit geben und es möglich machen, daß man die nöthige Anzahl von Stäben zuſammen bringt, ohne dieſelben in der Mitte zu ſehr zu häufen. Von den äußerſten Enden der

*) Der zehn Jahre ſpäter erfundene Luftkreiſel, ein Kinderſpielzeug, was dies vollkommen beweiſt.

Digitized by Google

Stäbe müssen seidene Schnüre nach den unteren Theilen des mittelsten senkrechten Cylinders gehen, um das Ueberschlagen zu verhindern. Mit wasserdichtem Kautschuckzeuge wird nun die Drahtschraube überzogen, auch senkrechte Verbindungen werden von der oberen Fläche nach der unteren gemacht, so daß die eingesogene Luft nicht lateral entweichen kann. An dem untersten Theil der senkrechten Stange ein Getriebe anzubringen, vermöge dessen ein Mensch (oder eine kleine Dampfmaschine, welche nicht ermüdet) die Stange sammt Schirm, ohne große Mühe 36 bis 50 Mal in einer Minute umdrehen könne, ist, so wie die Verbindung eines sichern Sitzes damit, so leicht, daß es keiner Anweisung bedarf. Wichtig ist hierbei wohl der Umstand, daß die ganze aufzuwendende Kraft zur Erhebung der Last verbraucht wird, und nicht die Hälfte unfruchtbar darauf geht, schwerfällige Flügel, die kaum einen Schlag gemacht haben, nunmehr wieder aufzuheben, wodurch zuerst Kraft, dann aber auch ein gutes Stück des schon gewonnenen Raumes verloren geht, während nach der vorliegenden Einrichtung ein Fallen gar nicht möglich ist, indem bei fortwährendem Steigen der Moment des Stillstandes, von dem das Fallen beginnt, gar nicht eintritt.

Indem ich diese Idee, zu deren Ausführung im Großen es mir hier an allen Mitteln fehlt, Ew. Hochwohlgeboren zur Prüfung vorlege, verharre ꝛc.

Schröttersdorff, bei Bromberg, den 1. März 1841.

Beuth antwortete darauf Folgendes:

Ew. Wohlgeboren

Habe ich das Originalschreiben vom 1. d. M. zurückzugeben die Ehre, indem es mir peinlich ist, der Bewahrer eines Geheimnisses zu sein, welches mir auf Discretion vertraut, aber geschrieben bei mir niedergelegt worden.

Wenn auch Ihre Idee an sich nichts Widersinniges enthält, so halte ich sie doch nicht für praktisch ausführbar im Großen. Ich glaube nicht, daß die Kraft eines Menschen hinreiche, solchen Apparat mit der Geschwindigkeit zu bewegen, welche erforderlich ist, um sich in der Luft schwebend zu erhalten.

Mit der vollkommensten ꝛc. ꝛc.

Berlin, den 9. März 1841.

Digitized by Google

Beide Briefe befinden ſich noch in meinen Händen und liegen zu Jedermanns Anſicht bereit. Daß es Beuth nicht glaublich vorkam, daß ein Menſch den Apparat bewege, daß er alſo von praktiſchem Nutzen werden könne, ändert wohl an der Sache nichts. Hat doch auch Napoleon daſſelbe über die Dampfſchiffe gedacht —. Große Männer können ſich auch irren.

Digitized by Google

Druck von A. Bahn & Comp., Berlin, Schleuse Nr. 4.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google